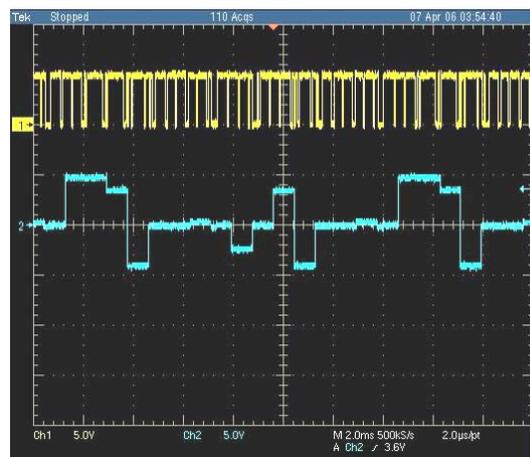
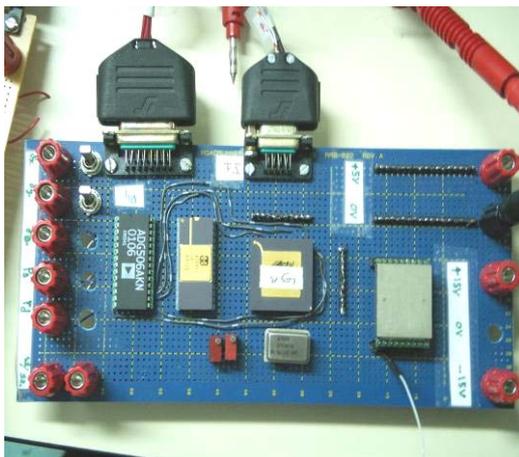


CHALIGNE CHARLES
ESTACA 2006



DOSSIER DE DEFINITION ET DE VALIDATION D'UN SYSTEME DE TELEMESURE



Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement Messieurs Benoist FONVIELLE, François GUILLET et Hervé DYJA de la société MBDA, pour leur disponibilité, leur soutien ainsi que leurs précieux conseils durant le déroulement de ce projet.

D'autre part, nous voulons remercier Messieurs Larouci et Grunn, du laboratoire de Commandes et Système de l'ESTACA pour leur écoute et l'intérêt qu'ils ont porté à l'aboutissement de notre projet.

Enfin, nous remercions l'association ESO pour nous avoir fourni certains composants et outils indispensables à la conception de notre système.

Résumé & Abstract

Notre projet de Commande et Systèmes consiste à réaliser un dossier technique d'un système de télémesure pour un mobile. Ce système permettra de transmettre au sol certains paramètres de vol de la machine (accélération, vitesse, altitude, ...). Une interface au sol permettra de traiter ces paramètres en temps réel. Ce système comporte des capteurs qui délivrent une tension correspondant à une information qu'il faut traiter avant de l'envoyer au sol.

Nous avons donc réalisé ce système et validé nos choix par une étude approfondie des composants.

Le système de télémesure, ainsi que les choix techniques et leurs justifications sont présentés dans ce rapport.

Mots clés : Système de télémesure, paramètre de vol, dossier technique, traitement de l'information

Our automatic systems project consists in realizing a technical file of an embedded system. This system will allow to transmit to the ground different flight parameters (speed, flight level...). A ground equipment will be able to process these parameters in due time. The system contains several sensors which provide an output corresponding to an information that must be processed before being sent to the ground.

We realized then this system and we validated our choices by a thorough study of the components

This embedded system, as well as the technical choices and their justifications are presented in this file.

Keywords: embedded system, flight parameters, information processing, technical file

Introduction

Dans le cadre de notre spécialisation en Commande et Systèmes à l'ESTACA, il nous a été proposé de réaliser un dossier de définition et de validation d'un système de télémesure pouvant être embarqué à bord de différents engins, aériens ou terrestres. Il permettra d'envoyer, depuis le mobile jusqu'au sol certains paramètres importants tels que les accélérations ou pressions, ceux-ci pouvant être ensuite traités en temps réel par une interface au sol.

Dans une première partie, nous définirons le principe de la télétransmission et quelques systèmes existant, remplissant des fonctions plus ou moins similaires. De plus, nous expliciterons les objectifs que notre tuteur et nous-mêmes avons fixés pour cette étude, ainsi que les moyens mis en œuvre et la méthodologie de projet utilisée afin de respecter nos délais.

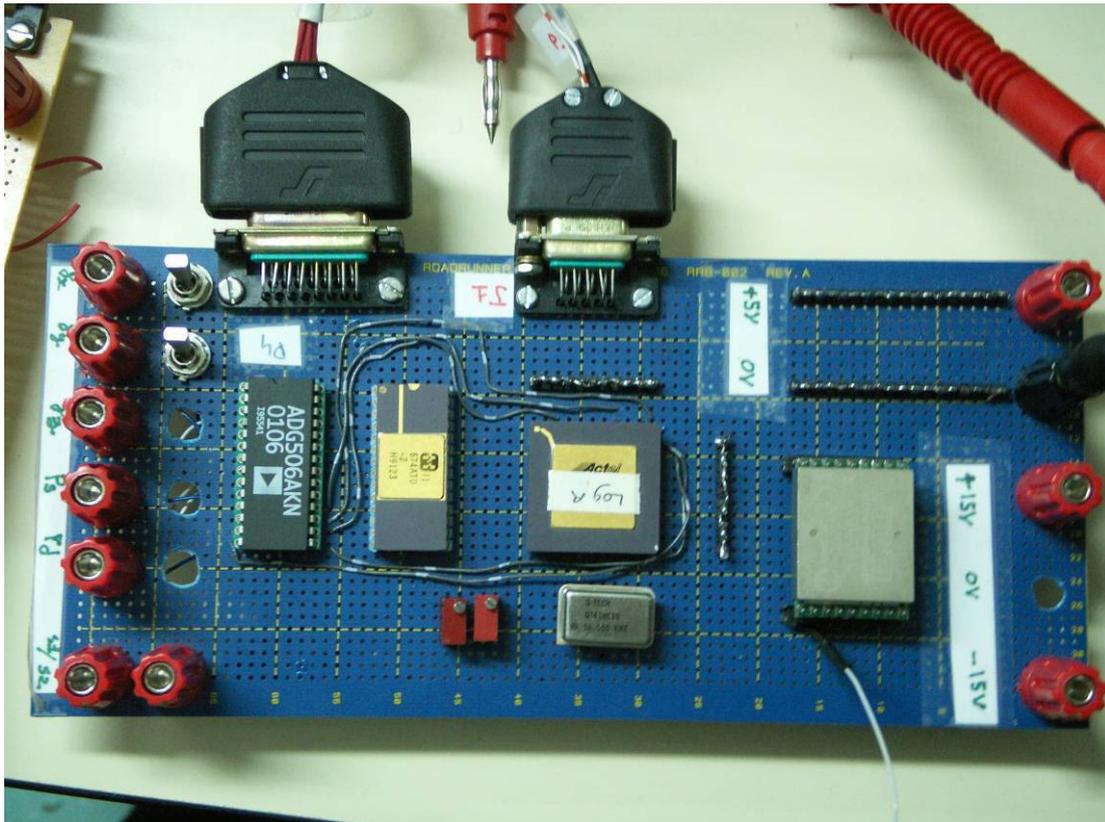
Dans une seconde partie, nous réaliserons le dossier technique du système de télémesure proposé, en nous intéressant aussi bien à la théorie qu'à la conception et aux résultats attendus. Nous traiterons, dans un premier temps, le système dans sa globalité, puis nous nous intéresserons à chaque fonction remplie par les différents composants, en prenant soin de justifier la présence de chacun d'eux. Finalement, nous présenterons les résultats obtenus et les analyses que nous avons pu en tirer.

Sommaire

<i>Remerciements</i>	2
<i>Résumé & Abstract</i>	3
<i>Introduction</i>	4
<i>Sommaire</i>	5
<i>Préambule</i>	6
1. Définition	7
2. Analyse de l'existant	8
3. Objectifs détaillés du projet.....	12
4. Moyens utilisés.....	12
5. Planning.....	13
<i>Dossier de définition d'un système de télémesure</i>	14
1. Principe général.....	14
2. Cahier des charges.....	15
3. Alimentation.....	16
4. Capteurs.....	17
5. Conditionnement	22
6. La carte numérique.....	26
7. La carte Reset auto et TopH.....	33
8. Emission / Réception.....	34
<i>Traitement et Analyse des résultats</i>	41
1. Carte d'Alimentation.....	41
2. Carte capteurs.....	43
3. Carte de Conditionnement.....	45
4. Carte numérique	46
5. Emission / Réception.....	52
<i>Prolongement</i>	55
1. Limites du système.....	55
2. Perspectives.....	55
3. Coût du projet.....	56
<i>Conclusion</i>	57
<i>Annexes</i>	Erreur ! Signet non défini.

Préambule

Ce projet a un objectif précis : réaliser un dossier technique de définition et de validation d'une télémessure embarquée. Il prend part à la formation d'un groupe de quatre étudiants de l'ESTACA ayant choisi la spécialisation « Commandes et systèmes ». Il fait suite à un travail effectué par leurs aînés. Cependant afin de valider ce dossier, il a fallu réaliser une maquette afin de valider les choix fait concernant chaque fonction.

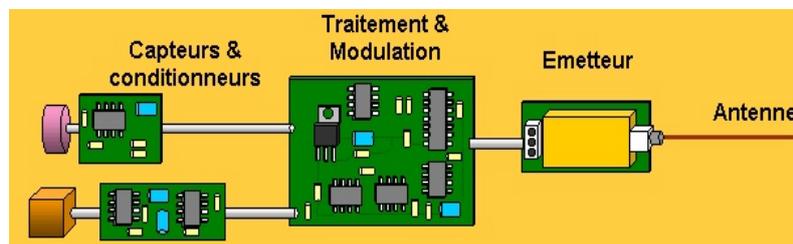


1. Définition

« La télémesure est une technique permettant de lire à distance les données d'un appareil de mesure et de transmettre, du lieu où s'effectuent les mesures à un lieu éloigné, un signal porteur de la mesure correspondante. »

Dans son principe la télémesure est composée de deux sous-ensembles :

a) Sous-ensembles d'émission embarqués

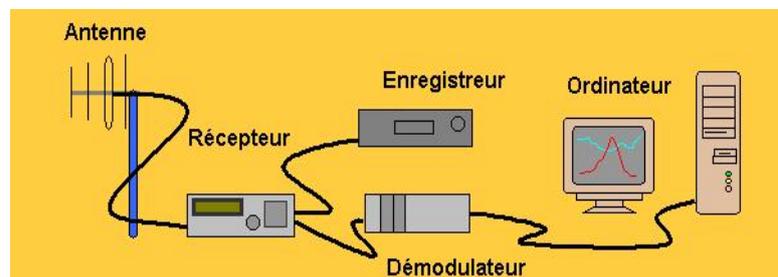


Les capteurs et leurs conditionneurs : dans bien des cas, les capteurs ne fournissent pas directement la tension voulue; il faut donc l'amplifier et l'ajuster.

Traitement et modulation : le traitement permet de mettre en forme l'information venue des capteurs; la modulation est un codage en fréquence qui permet l'émission de l'information.

L'émetteur et son antenne : ils permettent de transmettre l'information à distance sans lien physique.

b) Sous ensemble de réception au sol



Une antenne de réception : elle permet de recevoir avec un gain correct, les ondes émises par l'émetteur d'une fusée ou d'un ballon.

Un récepteur : il "écoute" la fréquence de l'émetteur et restitue le signal de modulation en basse fréquence (BF).

Un démodulateur : il transforme les fréquences en tensions et traite l'information de façon à ce qu'elle soit lue par un ordinateur. (via une liaison de type RS232)

Un enregistreur (si besoin est) : il permet une sauvegarde des téléméasures. L'enregistrement se fait à la sortie du récepteur (signal BF).

Un ordinateur de traitement : il met en forme l'information pour une présentation graphique en temps réel et une sauvegarde de chacun de ces paramètres sous forme de fichier texte.

2. Analyse de l'existant

Dans un souci de productivité, une analyse de l'existant permet de fixer le cadre de notre produit et de cibler les différents utilisateurs potentiels.

Ainsi le CNES propose un produit bien spécifique : L'émetteur KIWI :

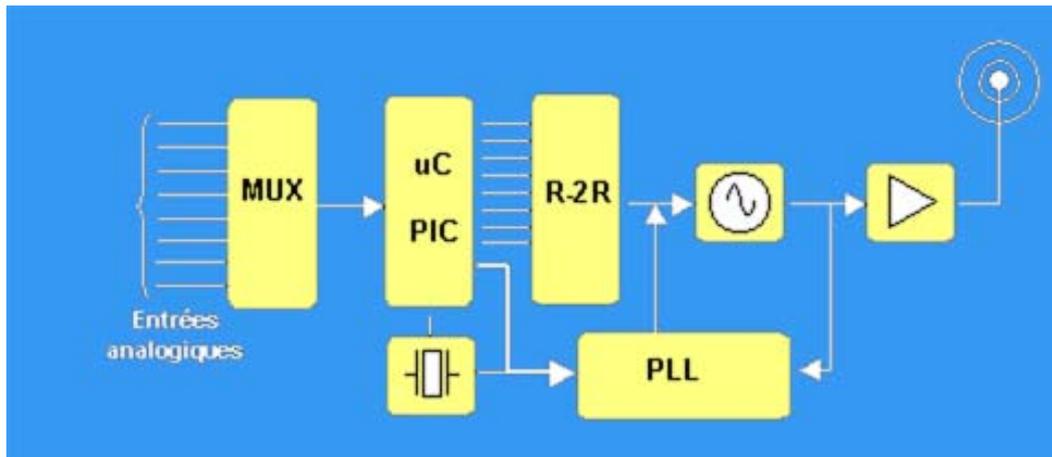


Il a été conçu en 1995 par le CNES pour les besoins de l'activité ballon stratosphérique en direction des jeunes. Il est industrialisé par la société TENUM (Labège 31).

En 2002, une nouvelle version de l'émetteur, le KIWI Millenium a vu le jour afin d'améliorer son utilisation.

Synoptique

Les 8 entrées d'une dynamique de 5V attaquent un multiplexeur analogique qui sélectionne une des entrées. Le microcontrôleur PIC 16C73 de microchip réalise la conversion analogique numérique sur 8 bits du signal sélectionné et forme une trame numérique cadencée par une horloge à 2 MHz. La trame numérique constituée, le microcontrôleur génère les signaux FSK (cf. exemple) correspondant sur 4 bits que le réseau R-2R met en forme pour moduler l'oscillateur haute fréquence. Cet oscillateur est asservi par une boucle à verrouillage de phase (PLL) qui lui confère une bonne stabilité. Un amplificateur HF fournit la puissance rayonnée nécessaire (100 mW i.e. -10dBm).



Caractéristiques et performances du KIWI

Nombre de voies : 8

Tension d'entrée minimale : 0V

Tension d'entrée maximale : 5V

Fréquence des mesures : 8 mesures quasi simultanées (8 voies) toutes les 2 secondes

Fréquence d'émission : 137,950 Mhz

Excursion de fréquence : +/- 5 kHz

Tension d'alimentation : 9 à 13 V

Puissance d'émission : 100 mW

Format de la trame numérique

Le standard de télémétrie KIWI est proche du standard SNR développé par Planète Sciences pour les besoins des fusées expérimentales.

La trame « KIWI » est alors constituée de 11 octets répartis de la façon suivante :

- ✓ FF est l'octet de synchronisation, il permet de repérer le début de la trame numérique.
- ✓ V1...V8 sont les valeurs des voies 1 à 8 codées sur 8 bits. La valeur 255 n'est jamais atteinte (pour éviter l'obtention d'un FF)
- ✓ Alim est un octet qui représente le tiers de la tension d'alimentation appliquée à l'émetteur. Il permet de surveiller l'état des piles ou des batteries pendant le vol du ballon.
- ✓ Chk est une addition sur 8 bits des voies 1 à 8 et de la voie Alim suivi d'une division entière par 2 (pour éviter l'obtention d'un FF). Cette checksum bord, comparée à la même opération effectuée au sol permet de valider ou non la trame reçue.

Pour être transmis, ces octets sont accompagnés de bits de contrôle à savoir :

Bit de start (0) 8 bits de données Bit de stop (1)

La vitesse de transmission est de 600 bauds (bits/s)

Le codage FSK (décalage en fréquence) consiste à associer à chaque bit un signal de fréquence déterminé.

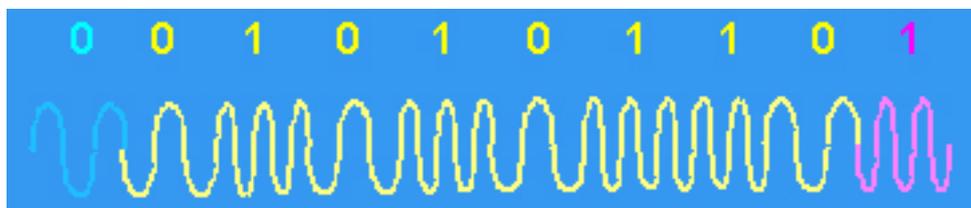
A un "zéro logique" correspond la fréquence de 900 Hz



A un "un logique" correspond la fréquence de 1500 Hz



Exemple de transmission d'un octet codé FSK



Il existe d'autres types de télémétrie pour des engins télécommandés, cependant elles ne sont pas proposées au grand public mais réalisées pour créer par exemple des séquences vidéo pour le cinéma.

C'est le cas, par exemple, de AERO TELEMETRY qui a participé à la réalisation du film « Aviator » en implantant dans des avions télécommandés une des ces télémétries.



Nous ne détaillons pas ici les télémétries que nous pourrions trouver dans différents missiles, avions civils ou militaires, en raison de leur complexité et de leur accès par le grand public restreint.

3. Objectifs détaillés du projet

Tous ces objectifs ont pour but de conduire à la rédaction du dossier de définition et de validation. Pour mener cela à bien il a donc fallu :

- ✓ Conduire le choix des capteurs permettant de réaliser leurs fonctions en respectant le cahier des charges. En fonction de celui ci, nous avons conduit les calculs préliminaires permettant de quantifier si besoin est, la valeur devant être mesurer par les capteurs (exemple : valeur de la pression dynamique en fonction de la vitesse max)
- ✓ Concevoir le conditionnement des signaux permettant ainsi un maximum de précision et de robustesse. Chaque capteur ayant une plage de tension de sortie, il nous a fallu homogénéiser ces tensions pour le traitement.
- ✓ Compléter la maquette qui nous a été fournie. Elle comportait toute la chaîne de mesure et traitement des accélérations. Elle doit à la fin comporter en plus la mesure et le traitement de la vitesse aérodynamique, l'altitude et ainsi que la puissance électrique consommée à bord.
- ✓ Automatiser la mise à zéro du système. (reset) par la réalisation d'une carte permettant d'automatiser le début du cycle de traitement de la télémessure.
- ✓ Mener tous les tests de validation de bon fonctionnement, il a fallu pour cela ajouter sur les cartes des borniers et réaliser des capture d'écran des signaux de sortie.
- ✓ Mesurer les consommations électriques de chaque carte et en faire un tableau. Cela nous donne une référence et nous permet de détecter une anomalie éventuelle.
- ✓ Réaliser les plans de câblage des cartes. afin de faciliter la compréhension et la réalisation du système dans son ensemble.
- ✓ Estimer la portée radio et réaliser le bilan de puissance d'émission, pour valider le choix de l'émetteur et du récepteur.

4. Moyens utilisés

Pour mener à bien ce projet, il nous a été possible d'utiliser le laboratoire CS de l'ESTACA. Nous disposions alors de :

- ✓ oscilloscope numérique (matériel qui nous permis de faire des capture d'écran)
- ✓ station de soudure pour réaliser la maquette
- ✓ alimentation stabilisée et générateur de signaux
- ✓ possibilité de passer commande chez Radio Spare
- ✓ logiciel informatique d'acquisition de données et de traitement. (Excel Matlab)

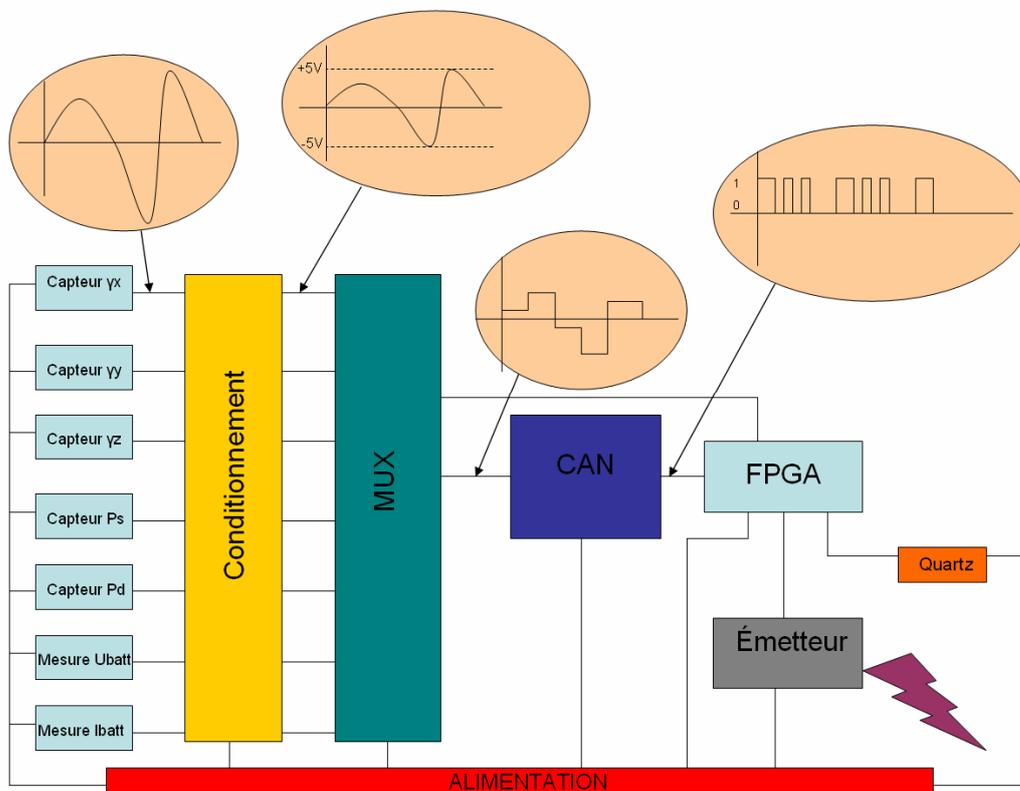
5. Planning

Quoi	Qui	semaine 6	semaine 7	semaine 8	semaine 9	semaine 10	semaine 11	semaine 12	semaine 13	semaine 14	semaine 15
Plan de chaque carte en l'état	Antoine										
Ajouter sur le plan : Ps, Pd, Ubatt et Ibatt	Antoine et Charles										
Ajouter les bornes Mix et FPGA	Hélène et Antoine										
Etude de l'existant	Charles Edouard										
Automatiser Top horloge	Hélène et Edouard										
Tableau de capteurs	Antoine et Charles										
Choix des capteurs	Hélène et Edouard										
Choix du shunt pour la mesure de Ibatt	Antoine et Charles										
Calcul de portée	Charles										
Cablage LED d'émission											
Mise en route de la carte récepteur	Tous										
Rédaction du rapport	Tous										

Dossier de définition d'un système de télémétrie

1. Principe général

Les capteurs, à bord du mobile, délivrent une tension proportionnelle au paramètre mesuré. Ces tensions sont soumises à différents montages AOP afin des les conditionner dans une certaine plage de valeurs et de pouvoir les imposer à l'entrée du CAN. Le MUX crée une trame composée des tensions conditionnées les unes après les autres puis l'envoie dans le CAN qui va la transformer en signal numérique. Tout ceci est piloté par le FPGA. La liaison émission/réception va ensuite transmettre les données vers un port série d'ordinateur, qui permettra grâce à un programme d'analyser les données mesurées par les capteurs.



2. Cahier des charges

- ✓ Tension d'alimentation 6 Vcc provenant d'une batterie
- ✓ Plage d'accélération $\pm 10g$
- ✓ Plage de vitesse 500km/h soit 144m/s
- ✓ Altitude comprise entre 0 et 2000m
- ✓ Courant maximum débité égal à 5A
- ✓ Mise en route automatique
- ✓ Emission sur bande radio libre d'accès
- ✓ Traitement numérique sur 8 bits

3. Alimentation

L'ensemble du système nécessite différentes tensions d'alimentation. Pour fournir cette énergie, nous avons utilisé une alimentation continue de 6V (+/- 1V) mais il est possible, sur la carte d'alimentation, de brancher une batterie dont les caractéristiques sont les suivantes :

$$U_{\text{batt}} < 8\text{V (nominal: } 5 \times 1.2\text{V} = 6\text{V)}$$

Les tensions nécessaires à l'alimentation des différents composants sont :

Tension d'entrée	Convertie par	Tension de sortie	Alimentant
Ubatt=6V	Convertisseur	5V	FPGA, CAN, Emetteur, Quartz
	Convertisseur	12V	Capteurs d'accélération, de pression statique
	Convertisseur	+/-15V	MUX, CAN, AOP,
	Montage AOP	10V	Mots de synchro, Capteur de pression dynamique

L'alimentation de la batterie ne correspondant pas aux besoins des composants du système, il faut utiliser des convertisseurs DC/DC 5V/xV. La batterie ne fournit pas exactement +6V mais, en prenant en compte les marges de sécurité des convertisseurs, elle peut tout à fait convenir à nos besoins. En effet, nous pouvons imposer à l'entrée de ces convertisseurs jusqu'à 6V.

- ✓ Pour obtenir une tension de 5V, nous décidons d'utiliser un convertisseur DC/DC 5V/5V.
- ✓ Pour obtenir une tension de 10V, nous utilisons un montage amplificateur de gain. Nous décidons d'intégrer un circuit avec un AOP et 2 résistances de 6.8 kΩ.
Le gain ainsi obtenu est de la forme : $G = 1 + \frac{R2}{R1} = 1 + \frac{6.8}{6.8} = 2$
La tension d'entrée de ce circuit sera la tension de 5V qui sort du convertisseur précédent et la tension délivrée sera bien du 10V.
- ✓ La tension 12V sera obtenue à l'aide d'un convertisseur DC/DC 5V/12V.
- ✓ De même, les tensions +/- 15V seront obtenus obtenue avec un convertisseur DC/DC 5V/+/-15V. Notons que ce convertisseur nous fournit également la référence 0V.

Les convertisseurs utilisés sont des TRACO POWER DC/DC Converter 3W.
(cf. fiche technique en annexe)

4. Capteurs

Afin de réaliser au mieux la fonction « Procéder au mesurage des paramètres » dans le cas d'une télémessure, le choix des capteurs doit suivre quelques règles :

- ✓ Couvrir toute la plage délimitée par le cahier des charges.
- ✓ Etre robuste et fiable
- ✓ Transmettre la mesure sous forme de tension.
- ✓ Minimiser le poids et le volume.
- ✓ Utiliser au maximum les sources d'énergie déjà présentes et minimiser leur consommation.

Nous rappelons que les mesures effectuées sont :

- ✓ Accélération selon x : γ_x
- ✓ Accélération selon y : γ_y
- ✓ Accélération selon z : γ_z
- ✓ Tension de bord : U_{batt}
- ✓ Courant débité par la batterie I_{batt}
- ✓ Pression statique : P_s
- ✓ Pression dynamique : P_{dyn}

a) Capteurs d'accélération

Nous rappelons que le cahier des charges impose une plage de mesure de $\pm 10g$. De plus la source d'énergie est une batterie de tension nominale 6V et ces capteurs doivent pouvoir être montés sur un bâti créant un repère orthogonal.

La **piézoélectricité** (1880, Pierre Curie) est la propriété que possèdent certains corps de se polariser électriquement sous l'action d'une force mécanique (effet direct). C'est leur praticité qui nous fait choisir ce type de capteur. Avec ce choix de technologie, nous savons dès à présent qu'il nous faudra conditionner notre mesure.

Nous sélectionnons alors les capteurs Microtron accelerometer 7290A-10.

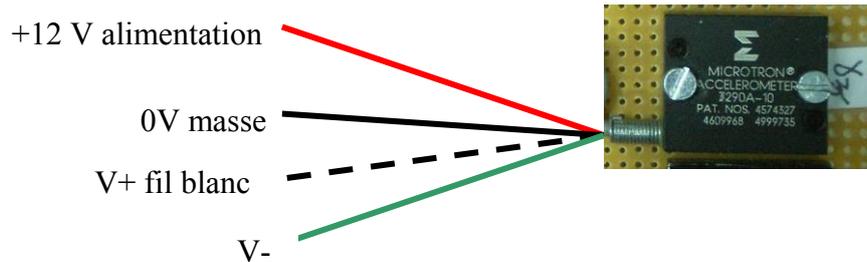
(cf. fiche technique en annexe)

Ils ont une plage de mesure de $\pm 10g$ pour une sortie en tension différentielle $\pm 2V$ sans offset (cela impose un conditionnement différentielle, cf. paragraphe suivant), et nécessitent une alimentation en 12V continu. Ils se connectent à l'aide de 4 fils :

- ✓ +12Vcc alimentation continue
- ✓ 0V une masse également V- batterie
- ✓ V+ un point chaud de mesure
- ✓ V- un point froid de mesure

Tableau récapitulatif des valeurs théoriques.

Accélération en g	Tension en sortie Vcc	Alimentation
0	0 V	12Vcc
1	0.2 V	Consommation de courant
10	2 V	12 mA



La mesure de l'accélération se fait suivant l'axe normal à la photo.

Les deux vis de fixation passent par un trou isolé et n'ont pas à être raccordées à la masse.

b) Capteur de pression absolue

Nous rappelons le cahier des charges impose une plage de mesure de pression statique de 0 à 1.03 bar. La mesure de pression statique est le moyen le plus simple de déterminer l'altitude car un calcul simple permet de passer de l'un à l'autre.

En effet nous avons :

$$H(m) = \frac{1 - \left(\frac{P_s}{P_0}\right)^{\frac{1}{5.258774}}}{22.5576934 \cdot 10^{-6}}$$

avec $P_0=101350$ Pa et P_s en Pascal



Les pressions doivent être converties en pascal et le résultat est en mètre.

A partir de ce calcul nous pouvons aisément obtenir la masse volumique en fonction de l'altitude :

$$\rho(H) = \rho_0 \cdot \frac{20000 - H(m)}{20000 + H(m)} \quad \text{où } \rho_0 = 1.225$$

Pour ce type de mesure, il faut un capteur de pression absolue. C'est un capteur qui a pour référence le vide. Nous gardons la technologie piézoélectrique.

Ainsi nous choisissons le capteur de pression absolue Honeywell 142PC15A.

(cf. fiche technique en annexe)

Ce capteur est simple à connecter, il comporte en effet 3 broches :

- ✓ 1 alimentation
- ✓ 1 masse
- ✓ 1 sortie en tension par rapport à la masse.

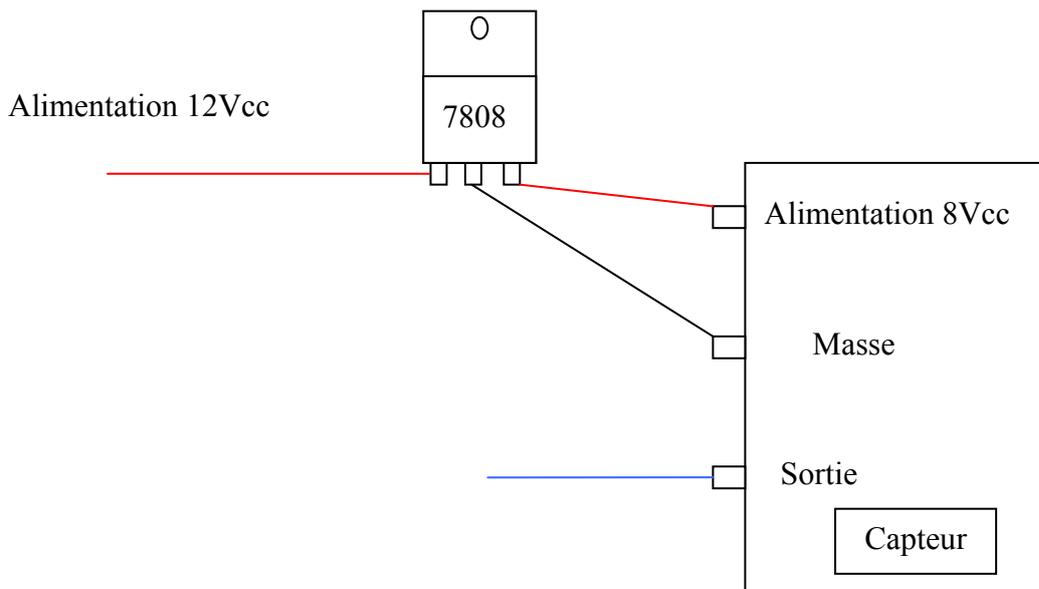
Et c'est l'entrée P1 qu'il faut utiliser dans ce cas là.

Attention aux caractéristiques! Le constructeur donne une tension de sortie pleine échelle de 5V avec un offset de 1V. Mais cela n'est valable que pour une alimentation sous 8Vcc. Ainsi pour une pression mesurée de 1.03 bar le capteur imposera 6V à ces bornes.

Nous avons donc là un problème car nous ne disposons pas d'une alimentation sous 8Vcc. Pour le résoudre, il suffit de placer un régulateur de tension 7808 (cf. schéma ci-dessous). C'est un composant placé dans un boîtier TO220, qui a la faculté de réguler la sortie à 8Vcc quelque soit la tension d'entrée. Pour limiter les petites oscillations, il faut placer une capacité de 1 μ F en parallèle sur la sortie.

Tableau récapitulatif des valeurs théoriques.

P absolue en bar	Tension en sortie Vcc	Alimentation
1.03	6 V	8Vcc
0.117	39 mV	Consommation de courant
1.00134	5.81 V	8 mA



c) Capteur de pression dynamique

Il permet, après y avoir soustrait la pression atmosphérique, de mesurer la vitesse air du mobile (i.e vitesse du mobile par rapport à l'air qui l'entoure) grâce à un tube de pitot.

Nous rappelons le cahier des charges impose une plage de mesure de 0 à 500 km/h, i.e un peu moins de 140 m/s.

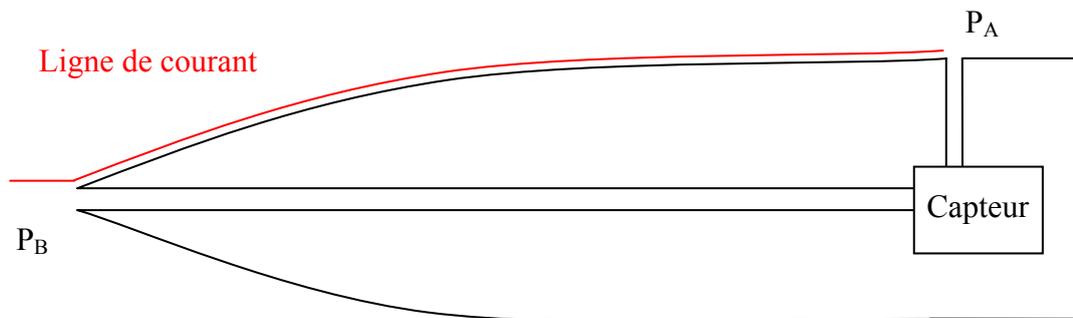
Il faut alors transcrire ce cahier des charges en différence de pression. Soit $P_d=(P_B-P_A)$ la différence de pression. Nous avons, par la formule de Bernoulli la vitesse du mobile :

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot P_d}{\rho(H)}}$$



Les pressions doivent être converties en pascal et le résultat est en mètre par seconde.

Notons B le point d'arrêt de la ligne de courant sur le tube de Pitot et A un point ayant les caractéristique infini amont.



Ainsi à 140m/s il faut pouvoir, d'après la réciproque de la formule précédente mesurer une différence de pression P_d de 0.120 bar.

Nous choisissons alors le capteur Honeywell 24PCBFA2G, (cf. fiche technique en annexe) capteur piézorésistif de pression relative i.e. il mesure directement $P_B - P_A$. C'est lui aussi un capteur différentiel entre sortie A (point chaud) et sortie B (point froid). Il doit être alimenté en 10 Vcc et comporte une plage de mesure de 0.3347 bar pour une tension de sortie pleine échelle de 115 mV. Cela implique donc la nécessité de faire un conditionnement avec un gain et un offset détaillé par la suite.

Ce capteur est composé de deux parties, un composant électrique à quatre pattes et un bâti permettant de placer la durite conduisant la pression P_B .

La pression atmosphérique ne nécessite pas de durite car elle est prise en dessous par un petit trou.

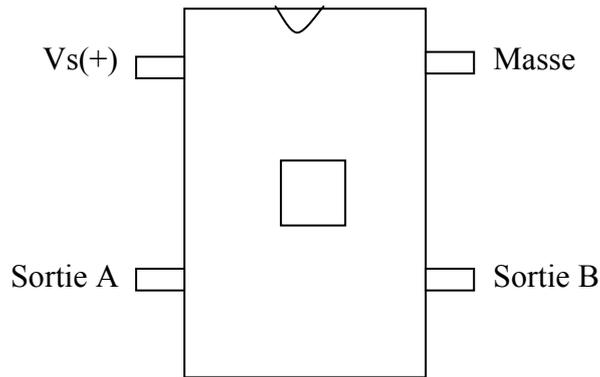


Tableau récapitulatif des valeurs théoriques.

Delta P en bar	Tension en sortie Vcc	Alimentation
0.3347	115 mV	10Vcc
0.125	41.6 mV	Consommation de courant
0	0	2 mA

d) Mesure du courant

Pour réaliser cette fonction, deux possibilités s'offrent à nous : un capteur à effet Hall (mesure par le champ magnétique créé par la traversée du courant) ou une simple résistance de puissance. Pour des raisons de masse et d'encombrement, la résistance sera choisie.

Nous rappelons que le cahier des charges impose la mesure du courant débité dans tous les systèmes au maximum égal à 5A. Pour le choix de la valeur de résistance, il faut fixer la chute de tension tolérée lorsque la batterie débite 5A. Nous considérons qu'une chute de tension de 0.5V est acceptable, ainsi il nous faut choisir une résistance de 0.1Ω .

Par suite cette résistance doit être capable de dissiper une puissance $P = R \cdot i^2$ soit 2.5W. Nous choisissons alors une résistance de puissance en céramique capable de dissiper 5W.

e) Mesure de tension

La mesure de tension ne nécessite pas de capteur, il suffit simplement de conditionner la tension aux bornes de la batterie.

5. Conditionnement

Chaque capteur délivre une tension propre à ses spécifications et proportionnelle à la grandeur mesurée. Le but du conditionnement est d'amener les tensions issues des différents capteurs dans une même plage de tension de sortie allant de -5V à +5V afin de pouvoir imposer ces tensions à l'entrée du CAN.

Nous avons donc dû créer un circuit électrique permettant de modifier chaque tension par l'intermédiaire de 2 fonctions :

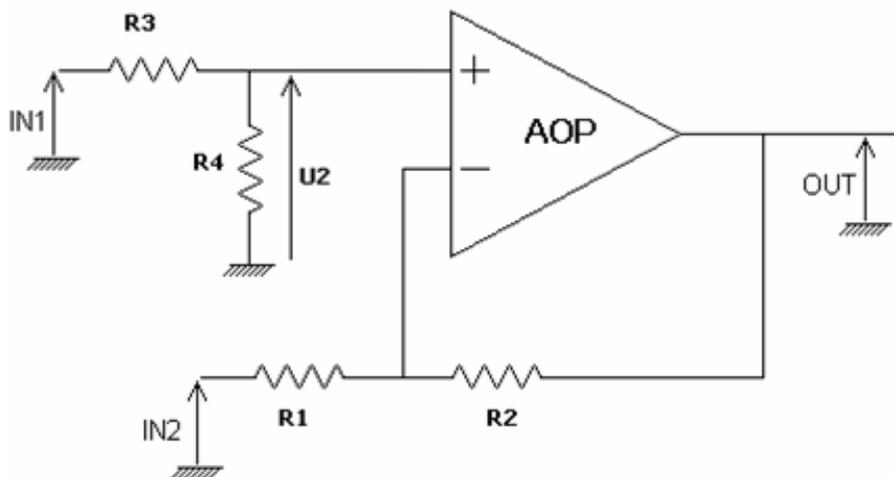
- ✓ Un gain, qui amplifie le signal de sortie du capteur
- ✓ Un offset qui décale sa valeur médiane à 0V.

Après avoir observé des oscillations en sortie de capteurs très faibles ainsi que des relevés parasites inexistant, nous avons décidé de ne pas filtrer les différents signaux.

a) Conditionnement des tensions délivrées par les capteurs d'accélération et de pression dynamique

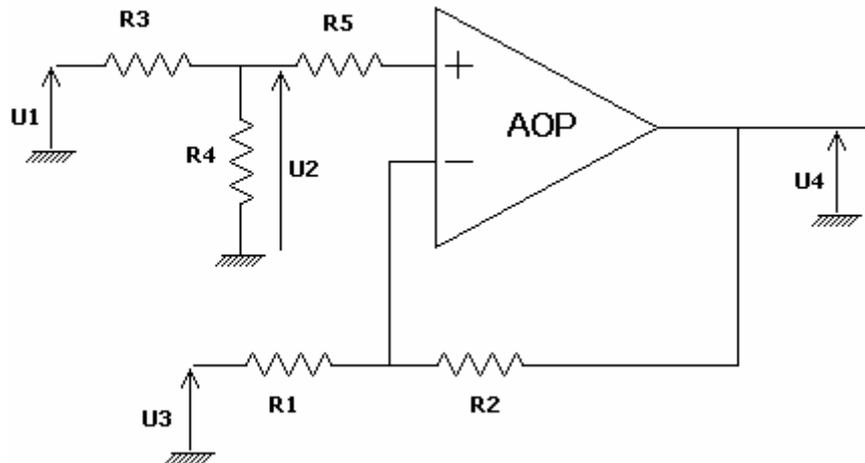
Les capteurs d'accélération délivrent des tensions comprises entre -2V et 2V. Ces tensions sont des tensions différentielles entre les Point Chaud et Point Froid des sorties des capteurs. Nous avons donc utilisé des montages identiques Amplificateur de différence pour ces 3 conditionnements qui fournissent un gain de 2. Nous aurons donc en sortie du conditionnement des tensions comprises entre -4V et 4V. Pour ce faire, nous avons utilisé des

résistances $R1=R3=18,7 \text{ k}\Omega$ et $R2=R4=37,4 \text{ k}\Omega$. On a donc un gain de $G = \frac{R_2}{R_1} = 2$.



b) Conditionnement des tensions délivrées par le capteur de pression statique (Ps), Ubatt et la tension proportionnelle au courant I utilisé par l'ensemble des systèmes

Ces 3 tensions vont être conditionnées par le même montage inverseur (cf. ci-dessous), mais la valeur des résistances, et donc des gains, sera différente pour chaque conditionnement.



$$\text{On a } G = -\frac{R_2}{R_1} \text{ et } \text{Offset} = (1 - G) \cdot U_1 \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

Pour avoir des courants différentiels égaux, on doit avoir : $R_1 // R_2 = R_5 + (R_3 // R_4)$

Nous avons, dans un premier temps, évalué les valeurs des résistances R1 et R2 afin d'avoir un gain qui puisse utiliser au maximum l'amplitude d'entrée du CAN : -5V/5V

Nous avons ensuite réglé les résistances R3 et R4 afin d'avoir une symétrie par rapport à 0 à l'entrée du CAN.

La résistance R5 permet d'égaliser les impédances aux entrées de l'AOP.

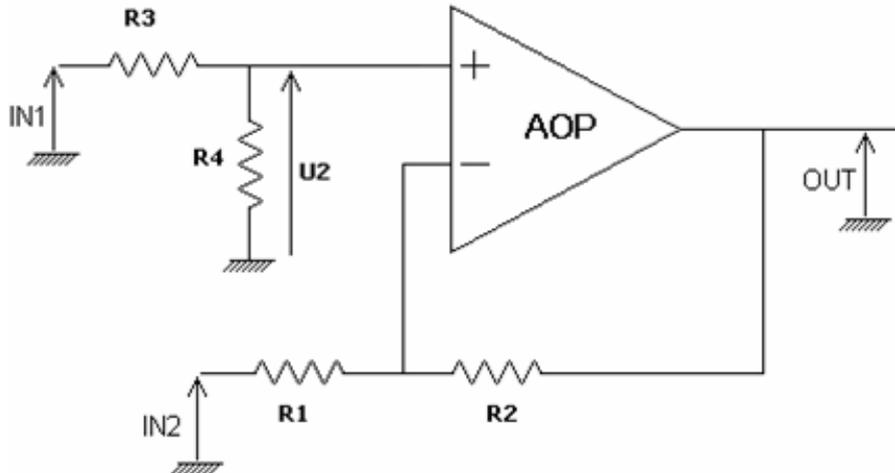
- ✓ U1 est une tension de 10V que nous avons choisie arbitrairement.
- ✓ $(1-G) \cdot U_2$ représente l'offset.
- ✓ U3 est la tension que fournit chaque capteur.
- ✓ U4 est la tension de sortie, celle que l'on impose à l'entrée du CAN, la tension conditionnée, comprise entre -5V et 5V.

Nous avons, parmi plusieurs possibilités d'association de résistances, choisi celles qui étaient disponibles dans le catalogue Radiospare (Fournisseur de composants électroniques)

	R1 (en kΩ)	R2 (en kΩ)	R3 (en kΩ)	R4 (en kΩ)	R5 (en kΩ)	G	Offset
U	18.2	18.2	18.2	2+2	5.62+0.2	-1	0.36036 U ₁
I	1	20	3.9	0.1	0.56+0.3	-20	0.52500 U ₁
Ps	100	150	10	2.2	56+2.2	-1.5	0.45081 U ₁

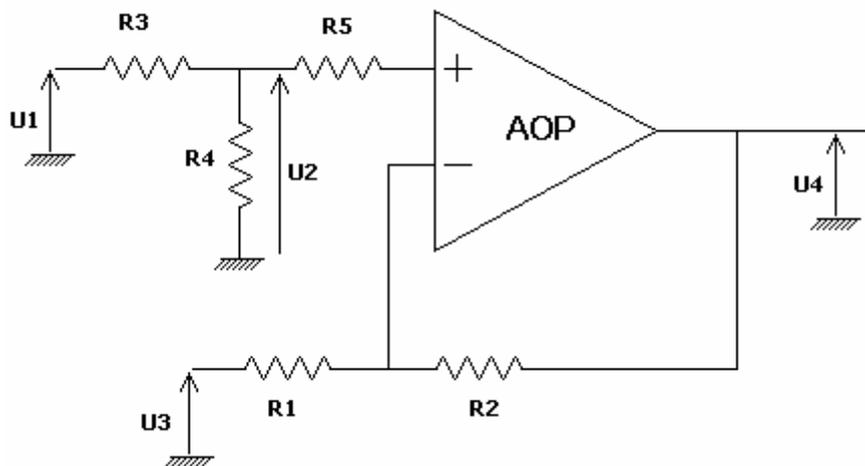
c) Conditionnement de la tension délivrée par le capteur de pression dynamique (Pdyn).

Le capteur de pression dynamique délivre une tension différentielle, c'est-à-dire 2 tensions : Point Chaud et Point Froid. On applique tout d'abord à ces tensions un montage Amplificateur de Différence de gain 1, ce qui permet d'avoir une seule tension en sortie, référencée par rapport à la masse :



Avec $R1=R2=R3=R4$, on a $V_{OUT}=V_{IN2}-V_{IN1}$

Après avoir fait la différence des 2 tensions d'entrée, on impose à ces tensions un montage inverseur afin de régler le gain et l'offset, de même que nous l'avons fait pour P_s , U_{batt} et I_{batt} .

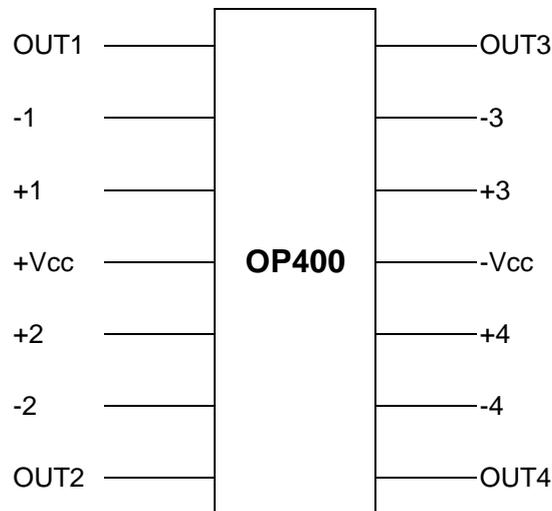


	R1 (en kΩ)	R2 (en kΩ)	R3 (en kΩ)	R4 (en kΩ)	R5 (en kΩ)	G	U ₂
Pdyn	2	160	18.2	0.1	1.8+0.075	-80	0.44262 U ₁

Afin de réduire au maximum la taille de la carte « Conditionnement », nous avons utilisé 2 OP400 sur lesquels nous avons monté :

- ✓ Sur l'OP400 (1), nous avons monté les 3 conditionnements des tensions délivrées par les capteurs d'accélération et le montage Amplificateur de Différence nécessaire pour le conditionnement de la tension différentielle délivrée par le capteur de pression dynamique.
- ✓ Sur l'OP400 (2), nous avons branché les montages inverseurs nécessaires aux conditionnements des tensions proportionnelles au courant, U_{batt} , et délivrées par les capteurs de pression statique et dynamique (2^{ème} partie de son conditionnement).

Ces 2 OP400 sont alimentés sous +/-15Vcc selon le montage suivant :



6. La carte numérique

Afin de constituer une trame de données à envoyer à l'utilisateur, les signaux des capteurs doivent être sélectionnés et traités par des composants électroniques.

De manière simplifiée, le FPGA sélectionne l'ordre des acquisitions de données en pilotant le MUX et le CAN. La trame sortant du MUX est convertie de l'analogique au numérique, elle est ensuite retransmise au FPGA puis à l'émetteur, sous la forme d'un flux PCM, qui l'envoie par l'intermédiaire d'une antenne.

Nous présenterons les fonctionnements de manière plus précis de chaque composant électronique et leurs connections.

a) Le MUX

Le MUX, ou Multiplexeur, est un dispositif, permettant de faire passer plusieurs signaux à travers un seul et même canal. Les signaux qui arrivent à l'entrée du MUX sont conditionnés, ils ont ainsi tous la même plage de tension $-5V/+5V$.

Le MUX, commandé par le FPGA, va ainsi sélectionner les voies désirées successivement afin d'obtenir un échantillon à un moment donné des capteurs sélectionnées. Il constitue donc les trames à envoyer au fur et à mesure selon la commande du FPGA.

Dans le cas qui nous intéresse, le MUX est à 2^4 Bits, soit 16 voies.

Dans le cas de notre système de télémessure, le nombre de paramètres mesurés est de 7 (γ_x , γ_y , γ_z , Ps, Pd, Ubatt et Ibatt). On ajoute à ces 7 paramètres deux mots de synchronisation qui nous permettront de situer le début de chaque trame dans le signal reçu par le récepteur. Ces mots sont réalisés en câblant à deux entrées du MUX une tension très légèrement inférieure à 5V, valeur maximale délivrée par le circuit conditionneur. On peut ainsi toujours situer le début de la trame, puisque les tensions conditionnées sont paramétrées pour ne pas atteindre leurs valeurs maximales.

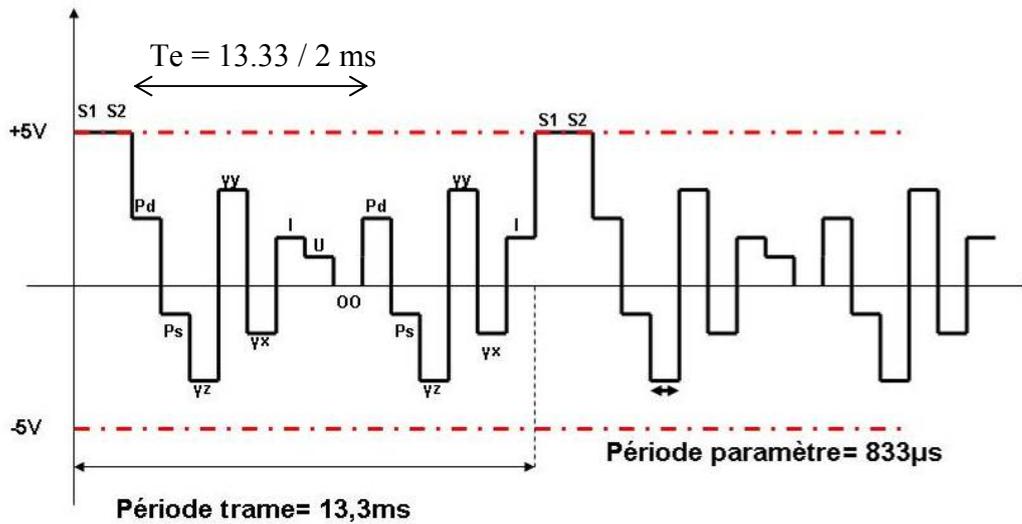
De manière à compléter les 16 voies d'entrée du MUX, et afin d'accroître la précision de nos mesures, nous avons choisi de doubler les signaux de certains capteurs : γ_x , γ_y , γ_z , Ps, Pd et Ibatt. Une voie sera laissée vide avant cette redondance, pour permettre une répétition des informations tout les 8 échantillons. La mesure de tension Ubatt ne sera donc pas surcommutée.

Nous pouvons donc fixer l'ordre des paramètres au sein de la trame :

S1-S2-Pd-Ps- γ_z - γ_y - γ_x -Ibatt-Ubatt-VOIE VIDE-Pd-Ps- γ_z - γ_y - γ_x -Ibatt

Il faut noter que l'ordre des signaux n'a aucune importance.

L'allure de la trame à la sortie du MUX est représentée ci-dessous.

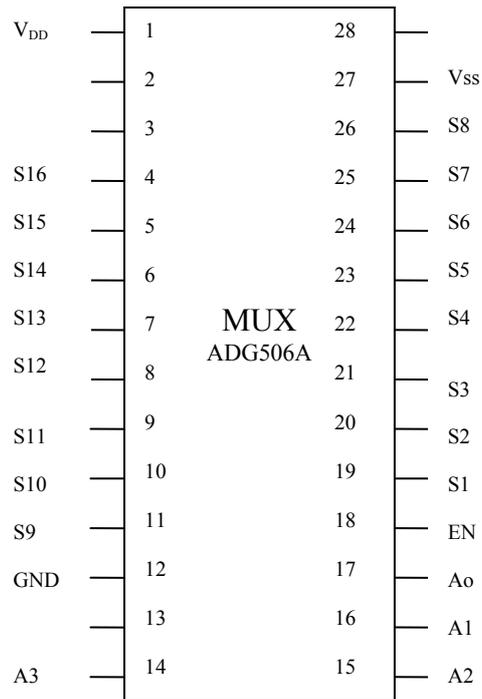


La fréquence des trames à la sortie du MUX est de 75Hz. Ainsi la durée d'une trame est de 13,33ms.

La fréquence d'échantillonnage est de 150 Hz pour γ_x , γ_y , γ_z , Ps, Pd et Ibatt, ainsi la bande passante pour ces signaux est de 50 Hz (théorème de Shannon avec trois points par période pour reconstruire le signal).

Par contre la bande passante pour U batt est elle de 25 Hz.

Le câblage du MUX est le suivant :

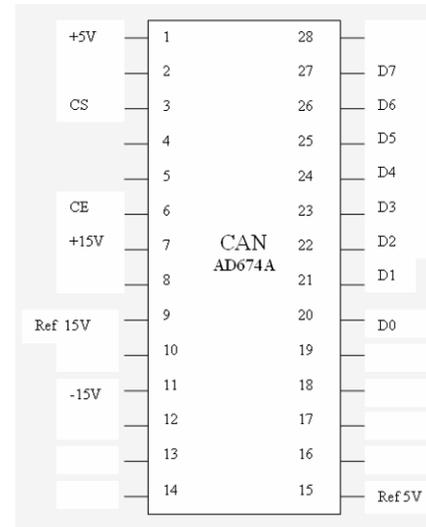


CABLAGE DU MUX			
Patte	Patte correspondante	Composant correspondant	Commentaires
1 : Vdd	+15V	Alim	
4 : S16	Ibatt		
5 : S15	Capteur γx		
6 : S14	Capteur γy		
7 : S13	Capteur γz		
8 : S12	Capteur Ps		
9 : S11	Capteur Pd		
10 : S10			Voie vide
11: S9	Ubatt		
12 : GND	Ref 5V	Alim	Point froid
14 : A3	B11	FPGA	
15 : A2	D10	FPGA	
16 : A1	B8	FPGA	
17 : A0	A11	FPGA	
18 : EN	A3	FPGA	
19 : S1	+5V	Alim	Synchro 1
20 : S2	+5V	Alim	Synchro 2
21 : S3	Capteur Pd	Fiche Capteur Pd	
22 : S4	Capteur Ps	Fiche Capteur Ps	
23 : S5	Capteur γz	Fiche Capteur γz	
24 : S6	Capteur γy	Fiche Capteur γy	
25 : S7	Capteur γx	Fiche Capteur γx	
26 : S8	Ibatt	Fiche Capteur Ubatt	
27 : Vss	-15V	Alim	
28	13	CAN	

b) Le convertisseur analogique numérique CAN

Il a pour fonction de permettre de traiter les informations de façon numérique. Ainsi il converti la trame sortant du MUX en une série de bits image de la trame.

Le cahier des charges imposant une conversion sur 8 bits, nous choisissons le CAN AD674A, CAN 12 bits pouvant être utilisé sur 8 bits. Son alimentation convient à nos dispositions.



CABLAGE DU CAN			
Patte	Patte correspondante	Composant correspondant	Commentaires
1	2	CAN	
1	+5V	Alim	
2	1	CAN	
2	4	CAN	
3	A4	FPGA	Liaison CS
4	2	CAN	
4	6	CAN	
5	A2	FPGA	Liaison CBS
6	4	CAN	
7	+15V	Alim	
8	10	CAN	
9	Ref+/-15V	Alim	
10	8	CAN	
11	-15V	Alim	
12	8	CAN	
14	28	MUX	
15	Ref 5V	Alim	
20	J1	FPGA	Bit D0
21	H1	FPGA	Bit D1
22	G1	FPGA	Bit D2
23	E1	FPGA	Bit D3
24	D1	FPGA	Bit D4
25	C1	FPGA	Bit D5
26	B1	FPGA	Bit D6
27	A1	FPGA	Bit D7

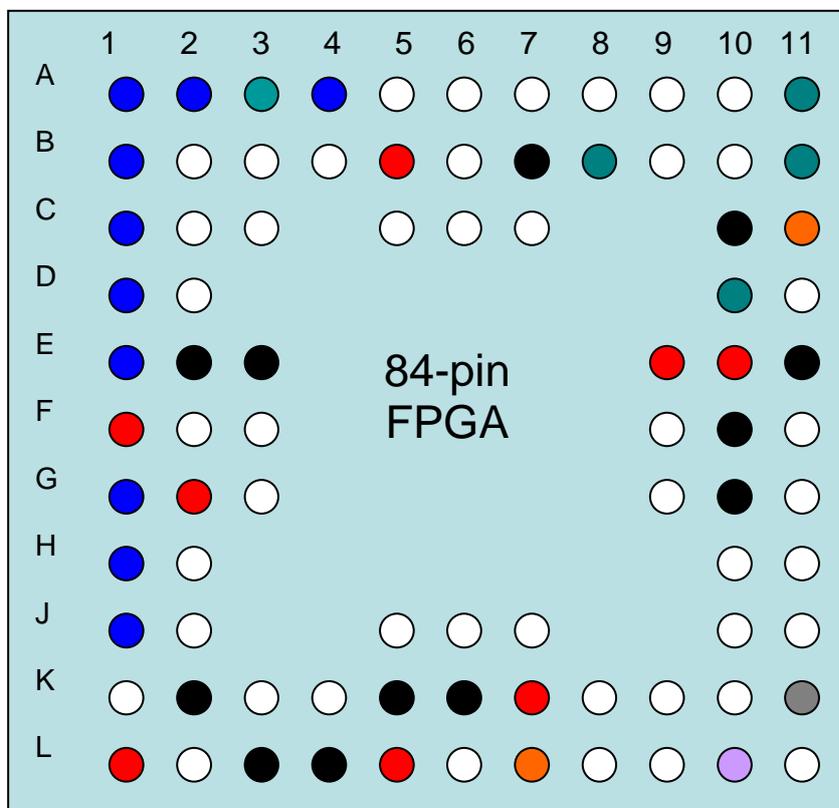
c) **Le FPGA**

Le FPGA, en anglais Field Programmable Gate Array, est un circuit intégré programmable. En effet, il regroupe de nombreuses fonctions, telles des amplificateurs opérationnels, des boucles logiques (ET) ainsi que de nombreux composants, par exemple des résistances ou des condensateurs.

Les Gate Array, sont des portes logiques, en traduction littérale.

Le FPGA permet donc de réduire l'encombrement de la maquette tout en fournissant de très nombreuses fonctions au circuit auquel il est rattaché.

Dans notre cas, le FPGA pilote le MUX et le CAN grâce a une référence temporelle donnée par le quartz.

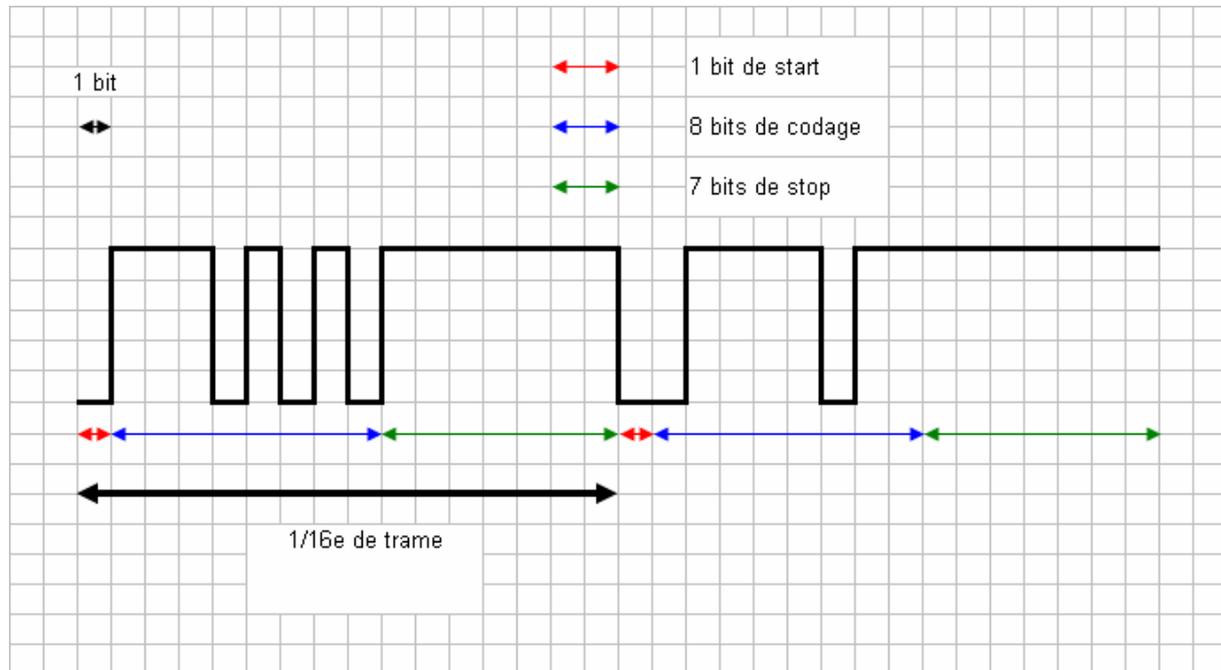


CABLAGE DU FPGA			
Patte	Patte correspondante	Composant correspondant	Commentaires
A1	27	CAN	Bit D7
A2	5	CAN	RC
A3	18 : EN	MUX	CE
A4	3 : CS	CAN	NCE
A11	17 : A0	MUX	M0
B1	26	CAN	Bit D6
B5	+5V	Alim	
B7	Ref 5V	Alim	
B8	16 : A1	MUX	M1
B11	14 : A3	MUX	M3
C1	25	CAN	Bit D5
C10	Ref 5V	Alim	
C11	7	LM311	Reset auto
D1	24	CAN	Bit D4
D10	15	MUX	M2
E1	23	CAN	Bit D3
E2	Ref 5V	Alim	
E3	Ref 5V	Alim	
E9	+5V	Alim	
E10	+5V	Alim	
E11	Ref 5V	Alim	
F1	+5V	Alim	
F10	Ref 5V	Alim	
G1	22	CAN	Bit D2
G2	+5V	Alim	
G10	Ref 5V	Alim	
H1	21	CAN	Bit D1
J1	20	CAN	Bit D0
K2	+5V	Alim	
K5	Ref 5V	Alim	
K6	Ref 5V	Alim	
K7	+5V	Alim	
K11	14	Emetteur	
L1	+5V	Alim	
L5	Ref 5V	Alim	
L7	Bouton		TOPH
L10	8	Quartz	

Le message codé en binaire par le CAN est envoyé à l'émetteur par le FPGA. Une donnée capteur est codée sur 16 bits de la manière suivante :

START-D0-D1-D2-D3-D4-D5-D6-D7-STOP1- STOP2- STOP3- STOP4- STOP5- STOP6- STOP7
Données utiles

Une représentation du flux PCM est schématisée ci-dessous :

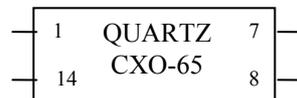


La trame étant composée de 16 paramètres, elle est donc codée sur $16 \times 16 = 256$ bits

Le chargement des paramètres intervient tous les 1200 Hz. Ainsi la vitesse de transmission est de $16 \times 1200 = 19200$ bauds.

d) Le quartz

Le quartz permet de donner une base de temps aux composants électroniques. Il émet à une fréquence de 96kHz, ce qui donne une base de temps de $10,4 \mu s$. Il est alimenté en 0/5 V.



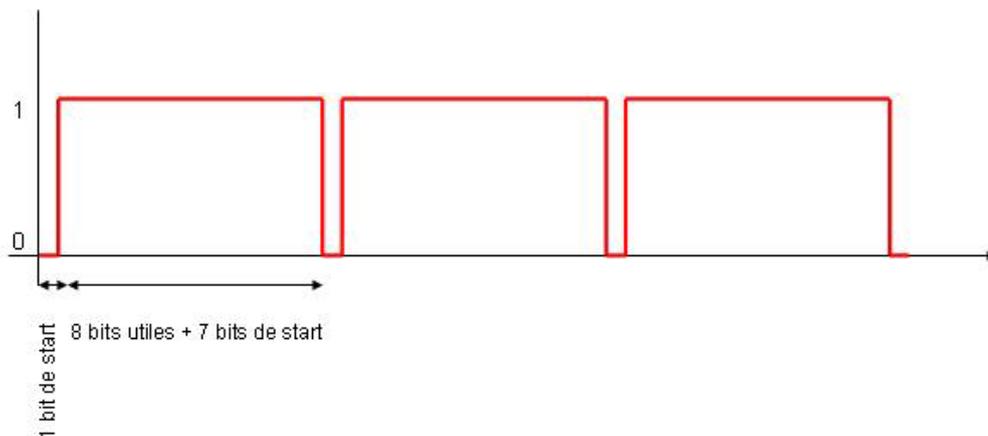
CABLAGE DU QUARTZ			
Patte	Patte correspondante	Composant correspondant	Commentaires
1			
7	Ref 5V	Alim	
8	L10	FPGA	
14	+5V	Alim	

7. La carte Reset auto et TopH

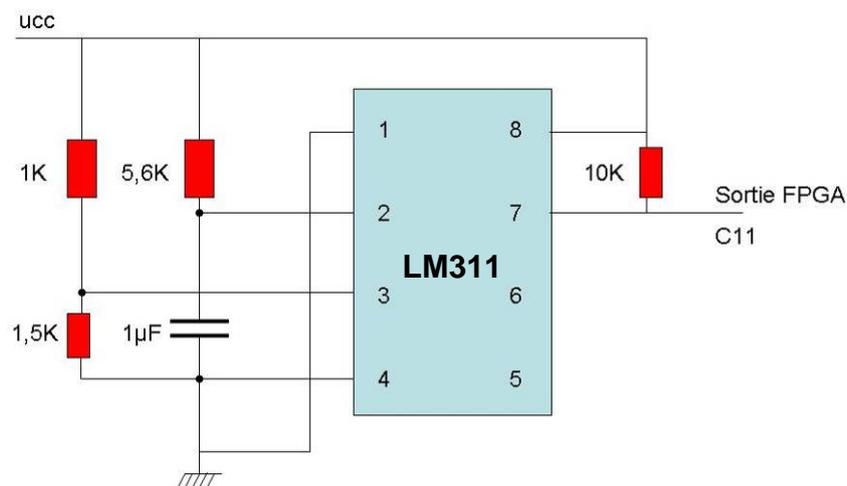
Le FPGA nécessite un « TopHorloge » pour démarrer. Ce Top H est une impulsion réalisée à l'aide d'un bouton que l'utilisateur doit actionner pour démarrer les mesures.

Avant de démarrer les mesures, il faut réinitialiser les composants, et notamment remettre les bascules du FPGA à 0. Ces bascules correspondent aux états 1 et 0 du flux PCM. Un montage inverseur permet de considérer l'état inverse de celui utilisé réellement. Ainsi lorsque toutes les bascules sont remises à 0 (hormis celle du bit de start, toujours à 1), le FPGA envoie en fait des états 1 (et un état 0 pour le bit de start).

L'allure du flux PCM envoyé à l'émetteur avant d'actionner le TopH est représentée ci-dessous :



La fonction reset est réalisée par le circuit représenté ci-dessous :



Le LM311 est un comparateur de tension. Il a pour but d'envoyer une tension au FPGA déclenchant le reset, avec un retard par rapport à la mise sous tension de la télémétre. Ainsi le convertisseur de tension 6V/5V a le temps de s'établir dans le domaine stabilisé.

8. Emission / Réception

Le but de cette partie est d'exploiter les grandeurs physiques mesurées par les différents capteurs embarqués sur une station-sol. Ainsi il sera possible de visualiser sous forme de graphique les différentes données reçues par le récepteur HF, connecté à un PC via son port série. Le signal que l'on recevra sera sous forme d'un flux binaire. Il s'agit de récupérer ce signal, de le stocker dans un fichier informatique sous forme de données brutes (mots hexadécimaux) et de pouvoir le visualiser ensuite.

L'émission est réalisée à une fréquence de 433Hz par le module d'émission Aurel XTR-434L, avec un module de réception WIZ-434-SML (cf. fiche technique en annexe). Cette fréquence est celle autorisée sans demande ni justification particulière.

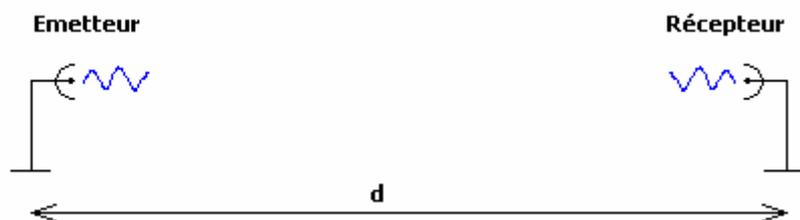
Les principales caractéristiques du premier module sont :

- ✓ Alimentation : 5 V
- ✓ Débit max: 50kB/s (>19200 bps: débit de réception)
- ✓ Puissance: +10dBm

Celle du récepteur:

- ✓ Alimentation : 12VDC

Nous calculons aisément la portée radio par la formule simplifiée de l'équation radar:



On calcule l'affaiblissement α :
$$\alpha = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \cdot G_e \cdot G_r,$$

avec G_e le gain de l'émetteur, G_r le gain du récepteur et $\lambda = \frac{c}{f}$ avec

c : la célérité de l'air
 f : fréquence d'émission

Dans le cas idéal, $G_e=1$ et $G_r=1$.

On admet dans ce cas que l'on a une puissance d'émission de l'émetteur de 10dBm et une sensibilité du récepteur de -80dBm pour le récepteur, soit un affaiblissement $\alpha=90$ dBm.

La formule précédente nous donne :

✓ en linéaire
$$d = \frac{c}{4\pi f \sqrt{\alpha}}$$

✓ en dB
$$d^2 = 2 * c_{dB} - (16 * \pi^2)_{dB} - 2 * f_{dB} + \alpha_{dB}$$

On rappelle que pour obtenir une valeur en dB, la conversion se fait par les formules :

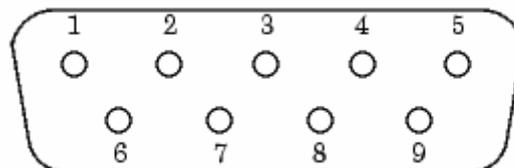
$$valeur_{dB} = 10 \cdot \log(valeur_{linéaire}) \text{ et } valeur_{linéaire} = 10^{\frac{valeur_{dB}}{10}}$$

	Valeur en linéaire	Valeur en dB
c	$3 \cdot 10^8$ m/s	84.77
f	$433,92 \cdot 10^6$ Hz	86.37
α	10^9	90
$16 \cdot \pi^2$	158	21.93

Ainsi on obtient un amortissement de **64.87 dB**, soit en linéaire, une distance maximum de **1.7km**

Cette distance est une distance « idéale », calculée dans des conditions optimales de vol, mais validée par le cahier des charges.

La vitesse de transmission des données est de 19200 bps. Notons que cette vitesse est limitée par le FPGA. La liaison port série est réalisée par le protocole de transmission RS 232. Le port série utilise un connecteur DB9 (9 broches) comme ci-dessous. La communication se fait bit à bit : chaque bit d'information est transféré de manière séquentielle (sérielle) d'un endroit à un autre.



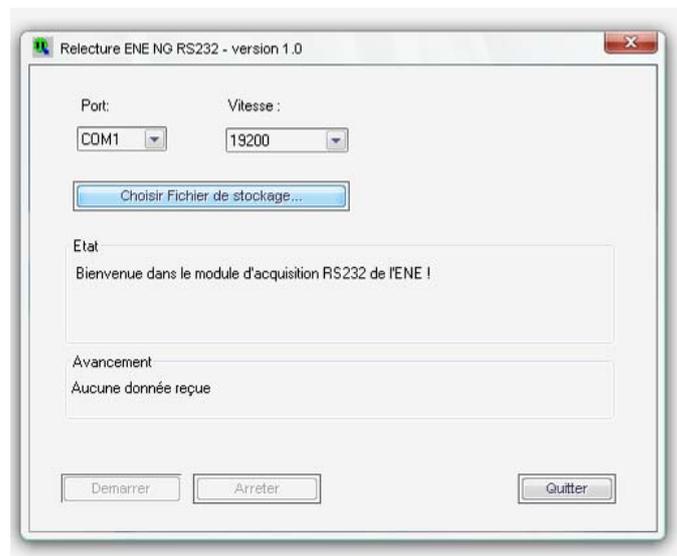
Les broches sont câblées selon le protocole RS232 qui fixe aux différentes broches d'entrées et de sorties des fonctions particulières :

Broche	E/S	Désignation	Description
1	Entrée	DCD (Data Carrier Detect)	Détection de porteuse.
2	Entrée	RXD ou RD (Receive Data)	Réception de données.
3	Sortie	TXD ou TD (Request Data)	Emission de données.
4	Sortie	DTR (Data Terminal Ready)	Terminal prêt.
5	-	GND (Ground)	Masse.
6	Entrée	DSR (Data Set Ready)	Emission prête.
7	Sortie	RTS (Request To Send)	Demande d'émission.
8	Entrée	CTS (Clear To Send)	Prêt à émettre.
9	Entrée	RI (Ring Indicator)	Indicateur de sonnerie.

Le protocole de transmission se caractérise par différentes règles qui doivent être respecté par l'émetteur et le récepteur :

- ✓ le type de liaison (synchrone ou asynchrone)
- ✓ la longueur des mots (par exemple 8 bits)
- ✓ la vitesse de transmission (par exemple 9600 bauds, bits par secondes)
- ✓ le bit de start (1 bit)
- ✓ la parité (paire, impaire)
- ✓ le bit de stop (1, 1/2 ou 2 bits)

Nous réceptionnons le signal grâce à la carte WIZ2-434-RS (cf. fiche technique en annexe) et le traitons par le programme d'acquisition de données sur la liaison série AcqENE_RS232.



Nous choisissons la vitesse du port série (ici 19200), puis un fichier d'acquisition dans lequel se trouvera toutes les données enregistrées. Le bouton « Démarrer » lance l'acquisition. Le résultat est deux fichiers d'extension .dmp et .dmp.stat.

Le programme dmp2ascii.exe permet de transformer les fichiers .dmp et dmp.stat en un fichier texte directement exploitable par Matlab ou Excel. Il gère la surcommutation avec des incréments de 8, et prend en compte les mots de synchro FAFA. Si les mots de synchro changent (on repasse à FFFF en mettant une valeur > 5V), on pourra modifier facilement le programme développé par Mr Guillet.

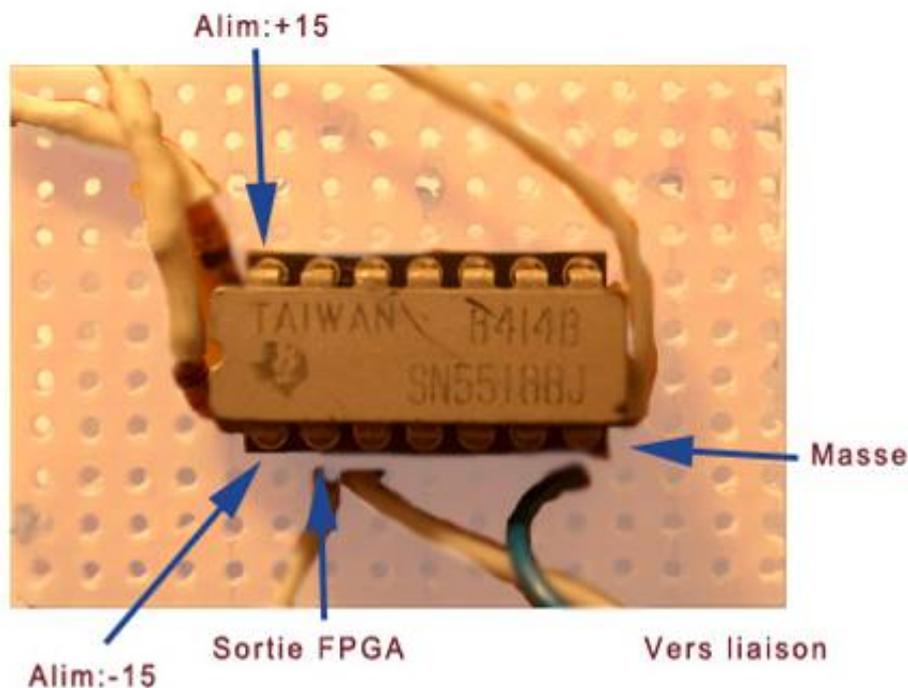
Cette décommutation consiste à extraire les paramètres de la trame de données qui se présente sous la forme suivante | Mot Synchro 1 | Mot Synchro 2 |Param1|Param2|.....|Param14| et de leur appliquer les coefficients choisis afin qu'il puisse être tracé correctement (Offset, ..).

Il se lance grâce à la ligne une commande (dmp2ascii.exe emplacement/nom_de_fichier.dmp, où emplacement/nom_de_fichier.dmp est l'emplacement de vos fichiers dmp et dmp.stat créés précédemment). Il faut veiller à ce que l'adresse d'emplacement ne comporte pas d'espaces car la commande d'exécution ne les comprend pas.

(Programmes sur le cd, dans le dossier « acquisition »)

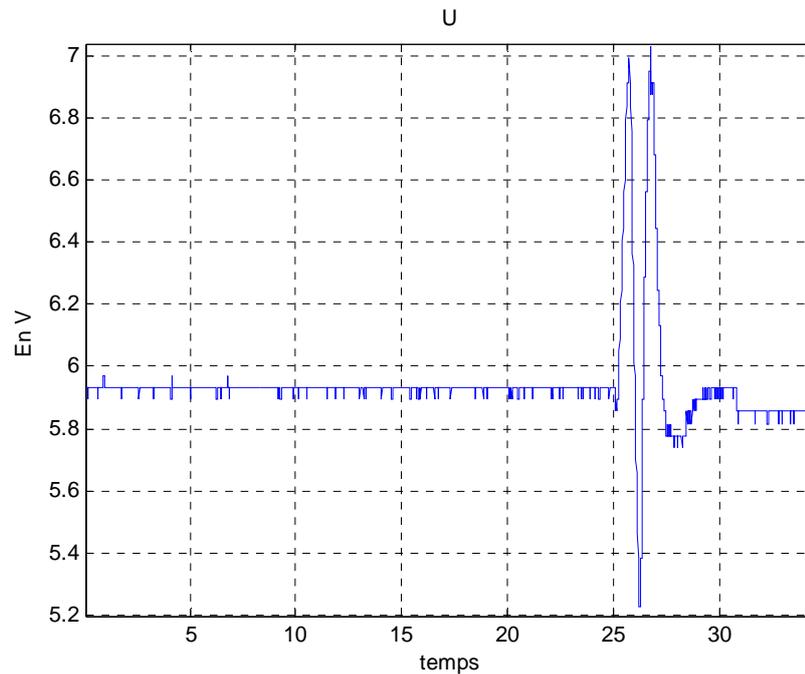
La réception effectuée par la carte a été très fortement bruitée lors de nos essais en laboratoire.

Ainsi, afin de vérifier la bonne émission à la sortie du FPGA, nous branchons une carte munie d'une liaison port série reliée à l'ordinateur.



Les résultats obtenus nous ont permis d'afficher les courbes d'évolution de nos variables.

Nous traçons par exemple l'évolution de U :



Programme Matlab trace_des_courbes.m

(Code en annexe, .m sur le cd, dans le dossier « acquisition »)

Le programme Matlab a été configuré pour fonctionner avec le nom de fichier « acquisition.dmp.txt ». Il faudrait donc veiller à :

- ✓ Choisir un fichier de stockage appelé « acquisition » dans le programme AcqENE_RS232
- ✓ Ou modifier le programme Matlab avec le nom de fichier choisi dans AcqENE_RS232

La répétition, par trois fois, de la ligne de commande `tline = fgets(fid);` permet de sauter les 3 lignes d'en-tête du fichier texte :

Vitesse de transfert : 12.0013

Nombre de silences : 0

temps(s) Pd Ps GammaZ GammaY GammaX U I

Les formules d'obtentions des paramètres ont été calculés telles que :

$$\text{valeur}_{\text{vraie}} = \text{valeur}_{\text{décimale}} * \text{gain}_{\text{conditionneur}} + \text{offset}_{\text{conditionneur}} + \text{offset}_{\text{capteur}}$$

Il faut en effet « inverser » l'effet du conditionneur.

L'altitude est obtenue grâce à la pression statique et la formule :

$$H(m) = \frac{1 - \left(\frac{P_s}{P_0}\right)^{\frac{1}{5.258774}}}{22.5576934 \cdot 10^{-6}} \text{ avec } P_0=101350 \text{ Pa et } P_s \text{ en Pascal}$$

cela nous donne ρ en fonction de l'altitude :

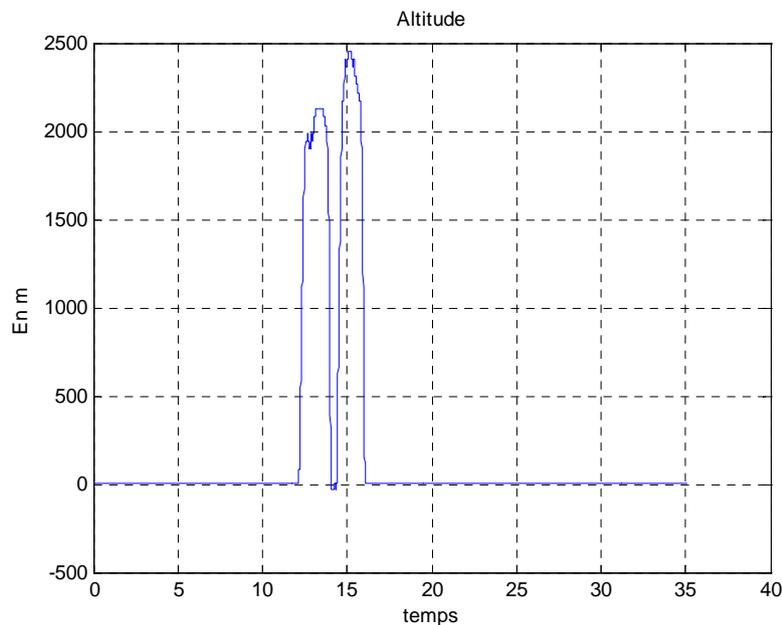
$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{20000 - H(m)}{20000 + H(m)} \text{ où } \rho_0=1.225$$

La vitesse est obtenue grâce à la pression dynamique et la formule de Bernoulli :

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot P_d}{\rho}}$$

Une fois les équations de correction calculées, nous pouvons tracer l'évolution de nos paramètres.

Par exemple, pour l'altitude :



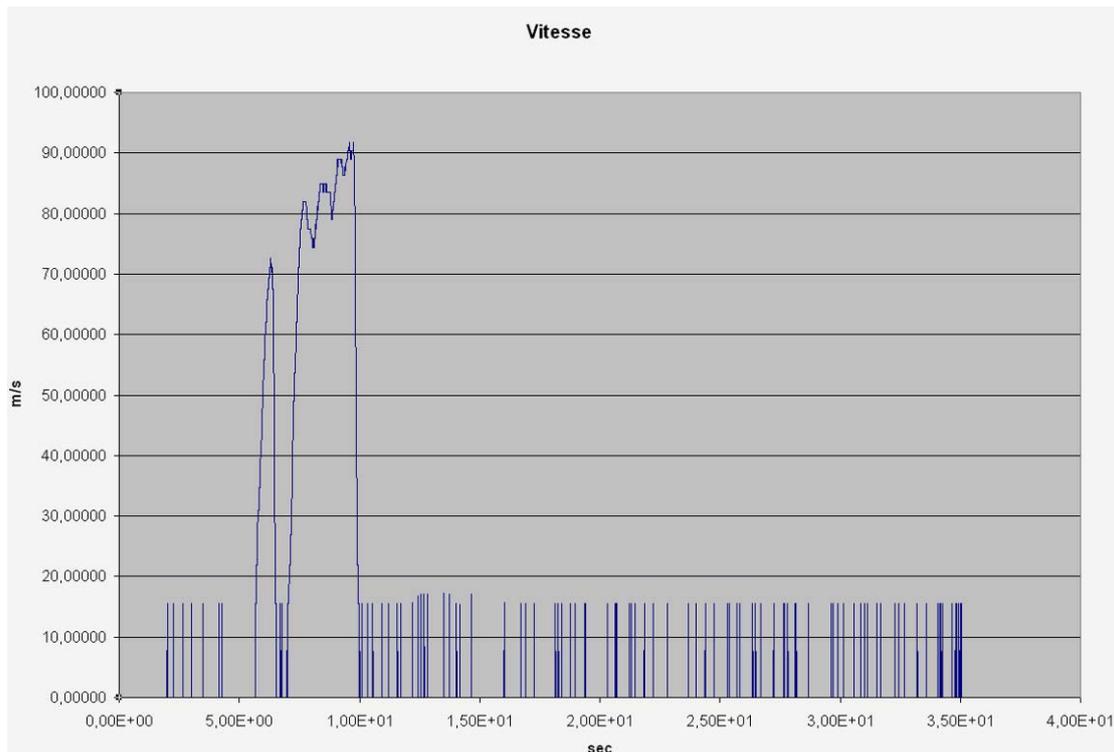
Programme Excel calque_a_remplir.xls
(.xls sur le cd, dans le dossier « acquisition »)

Il suffit de copier l'ensemble des lignes du fichier texte et de les coller dans la case A1 du fichier Excel, puis de remplacer dans la première colonne les points '.' par des virgules ','.

Les courbes se tracent automatiquement sur les différentes feuilles.
Il est possible d'y trouver :

- ✓ Ps et l'altitude qui en découle
- ✓ Pd et la vitesse qui en découle
- ✓ Les accélérations dans le repère considéré
- ✓ Ubatt
- ✓ Ibatt

Par exemple, pour la vitesse :



Nous n'avons développé que succinctement des programmes Matlab et Excel qui nous permettent de visualiser les mesures effectuées afin de valider notre montage et nos choix technologiques.

Traitement et Analyse des résultats

1. Carte d'Alimentation

a) Consommation des différents éléments du système

Tout système sous 6V	752 mA			
Alimentation+ Capteurs+ Conditionneur	532 mA	d'où	Numérique	220 mA
Alimentation+Capteurs	472 mA	d'où	Conditionneur	60 mA
Alimentation	352 mA	d'où	Capteurs	120 mA

La puissance utile du système est de $P_u = 6 \times 0.752$
 Soit **$P_u = 4.512 \text{ W}$**

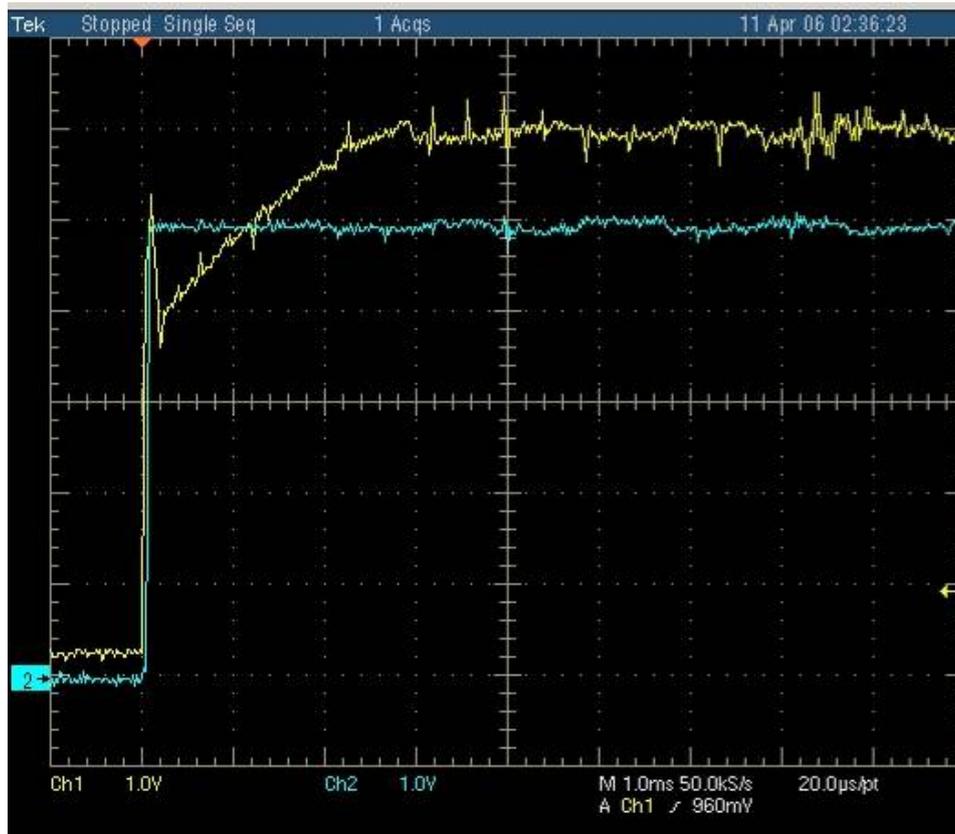
b) Tensions présentes sur la carte d'alimentation à la sortie des différents convertisseurs

Tensions à vide		Tensions avec système branché	
<i>Théorique (V)</i>	<i>Mesurée (V)</i>	<i>Théorique (V)</i>	<i>Mesurée (V)</i>
5	4,98	5	4,98
12	11,77	12	11,77
15	15,21	15	15,22
-15	-15,03	-15	-15,22
10	9,98	10	9,98

Nous remarquons que la tension de 5V désirée n'atteint, en réalité, que 4.98V, ce qui engendrera un décalage de la valeur des mots de synchro en binaire.

D'autre part, les tensions délivrées par les convertisseurs restent quasiment constantes lorsque toute la télémessure est en fonctionnement.

Etude du temps d'établissement de la tension de sortie du convertisseur 5V/5V :



Nous remarquons il n'y a pas de pic de tension à la sortie du convertisseur 5V/5V lors de la mise sous tension du système, ce qui pourrait endommager les composants qu'il alimente.

2. Carte capteurs

Les capteurs n'étant pas parfait il nous faut valider le fonctionnement des ces derniers selon leur alimentation qui n'est pas parfaite non plus.

Nous allons comparer les tensions que fournissent les capteurs réellement par rapport aux tensions théoriques.

Capteur	Action	U nominal	U réel
gamma x	1g	200 mV	161 mV
gamma y	1g	200 mV	160 mV
gamma z	1g	200 mV	150 mV
Ps	1,010 bar	5,86 V	5,86 V
Pd	0 bar	0 V	4,87 mV

Nous mettons ainsi en évidence l'offset de chaque capteur. Il aurait été possible de les corriger lors du conditionnement. Cependant ce dernier ainsi que le multiplexer et le convertisseur Analogique numérique peuvent eux aussi induire des offset. Nous choisissons donc de traiter ses offset dans le logiciel informatique en considérant qu'ils sont constants quelque soit la mesure.

Quand a la validation de la linéarité des capteurs, le matériel disponible ne nous permet pas de le vérifier. Nous nous en tenons donc aux documents constructeurs, qui eux la garantissent sur la plage prise en compte.

Notons que pour la mesure de la pression statique, le régulateur 7808 régule sa tension de sortie à 7.99 V.

Fonction	Type de capteur	Référence de capteur	Alimentation	Consommation	Plage de mesure physique	Plage de tension de sortie	LSB physique	LSB numérique
Accélération	Piézorésistif	Microtron 7290A-10	12 Vcc	12 mA soit 144 mW	+/- 10g	+/- 2V	39 mV / g	0,098 g / bit
Pression statique	Pression absolue Piézorésistif	Honeywell 142PC15A	8 Vcc	10 mA soit 8 mW	0 à 1,034 bar	1 à 6 Vcc	4,83 mV / hPa	4,51 hPa / bit
Pression dynamique	Pression différentielle Piézorésistif	Honeywell 24PCBFA2G	10 Vcc	2 mA soit 2 mW	0 à 0,334 bar	1 à 155 mVcc	0,344 mV / hPa	1,47 hPa / bit
Ibatt	Résistance céramique	0,1 Ω 5W CGS 04,16	-	chute de tension de 0,5V sous 5A soit 2,5W	0 à 5 A	0 à 0,5 Vcc	100 mV / A	19,6 mA / bit
Ubatt	-	-	-	-	0 à 7,2 Vcc	-	-	39,2 mV / bit

3. Carte de Conditionnement

En sortie de la carte de conditionnement, nous avons les tensions suivantes :

	Tensions sortie conditionnement	
	Théoriques (V)	Mesurées (V)
Gamma x	0,4	0,3
Gamma y	0,4	0,34
Gamma z	0,4	0,342
Ps	-4,29	-4,27
Pdyn	4,6	4,38
U	-2,41	-2,37

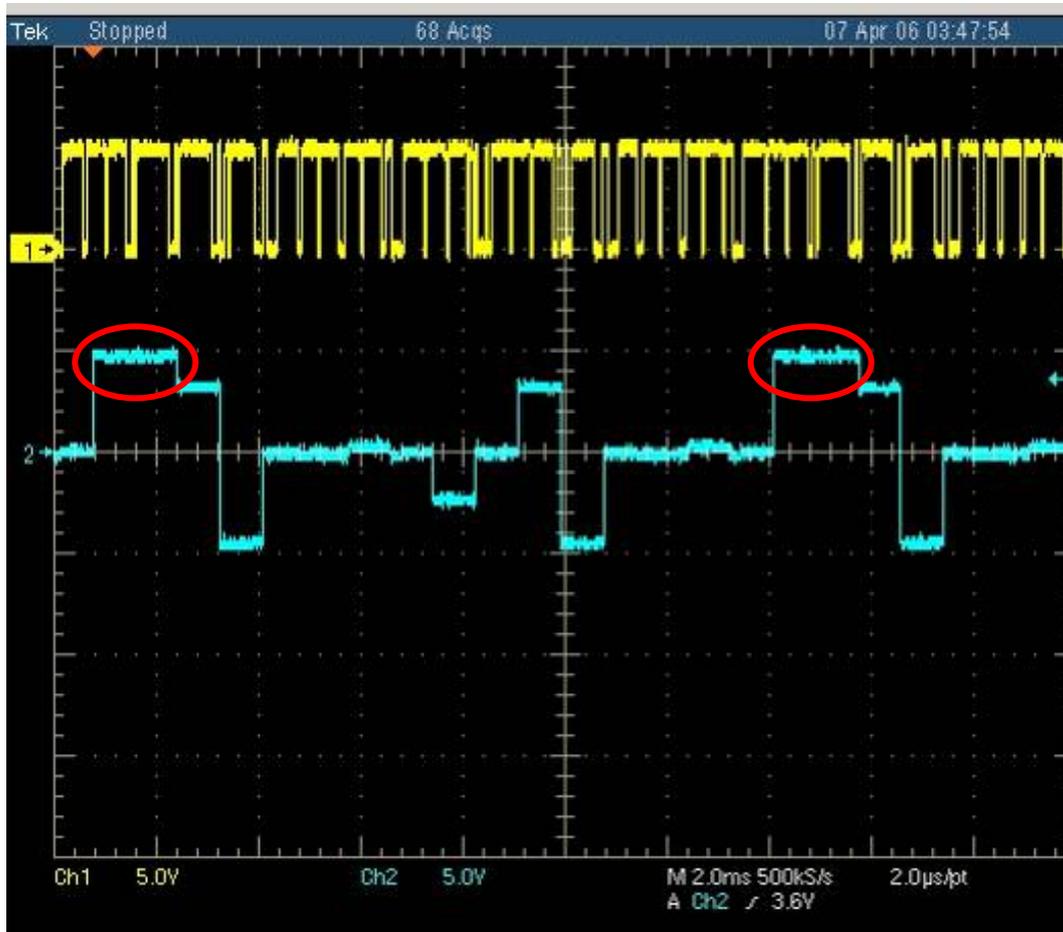
Nous tenons à noter que le conditionnement de P_{dyn} se fait en 3 étapes :

- ✓ Amplificateur de différence
- ✓ Gain de -80
- ✓ Offset de $4.5V$

C'est pourquoi, chaque étape introduisant une erreur dans les valeurs des tensions, il est tout à fait normal d'avoir une différence de $0,22V$ avec la valeur théorique.

4. Carte numérique

Nous relevons l'allure de la tension à la sortie du MUX (en bleu)



On repère facilement le début des trames, grâce à la présence des mots de synchro. Les valeurs des tensions ici observées sont détaillées dans le tableau suivant :

Paramètre mesuré	Valeur conditionnée théorique (V)	Valeur relevée (V)
Mots de synchro	5	4.9
Pression Pd	4.6	3.6
Pression Ps	-4.29	-4
Accélération /z	0.4	0.3
Accélération /y	0.4	0.3
Accélération /x	0.4	0.4
Intensité du courant	XX	XX
Tension de la batterie	-2.41	-2.4

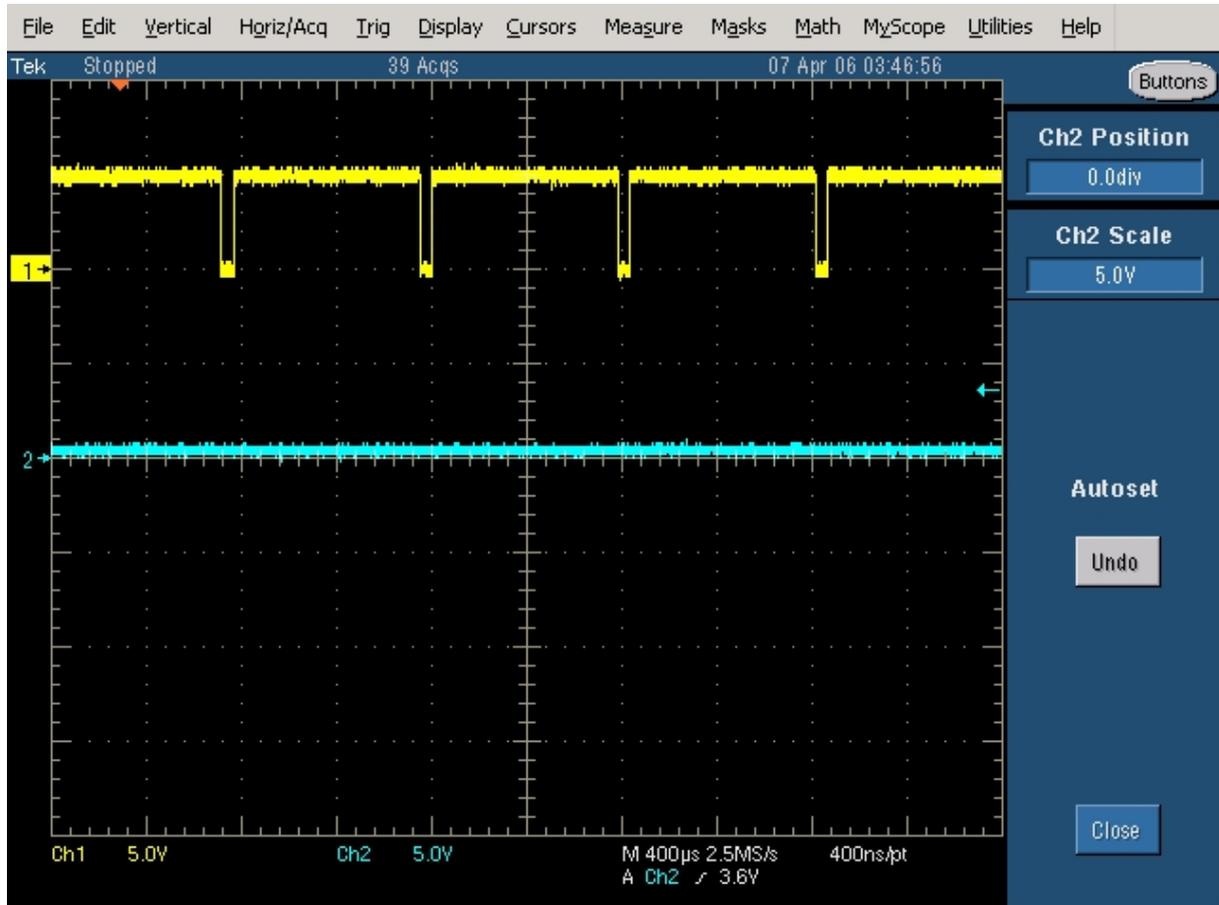
- ✓ Les mots de synchro ont une valeur de 4.9 V. En effet la tension délivrée par les convertisseurs n'est pas tout à fait égale à 5V. Cette différence, si elle ne change rien à la fonction des mots de synchro, implique que les mots de synchros ne seront pas convertis en FF par le CAN. Cette tension de 4.9 V correspond en hexadécimal à FA.
- ✓ Les capteurs de pression délivrent une tension que l'on retrouve à l'oscilloscope. La pression au repos pendant l'expérimentation est de 101000 Pa.
- ✓ Les capteurs d'accélération sont extrêmement sensibles mais celles-ci sont cohérentes car lors du test seul le capteur suivant X était à plat.
- ✓ Nous n'avons pas câblé la mesure de l'intensité puisque il est nécessaire de placer une résistance juste à la sortie de la batterie. Le cahier des charges impose la mesure de l'intensité débitée par la batterie dans tous les circuits du mobile, et pas seulement dans le système de télémessure. C'est pourquoi l'oscilloscope indique une valeur nulle.
- ✓ La valeur de la tension batterie est cohérente.

Lorsqu' un paramètre évolue, on remarque cette évolution sur l'oscilloscope, comme le montrent les images ci- dessous, où l'on fait évoluer Pd :



Nous relevons maintenant la tension représentant le flux PCM envoyé par le FPGA à l'émetteur.

L'image ci-dessous représente le signal lorsque l'utilisateur n'a pas encore lancé le TopH :

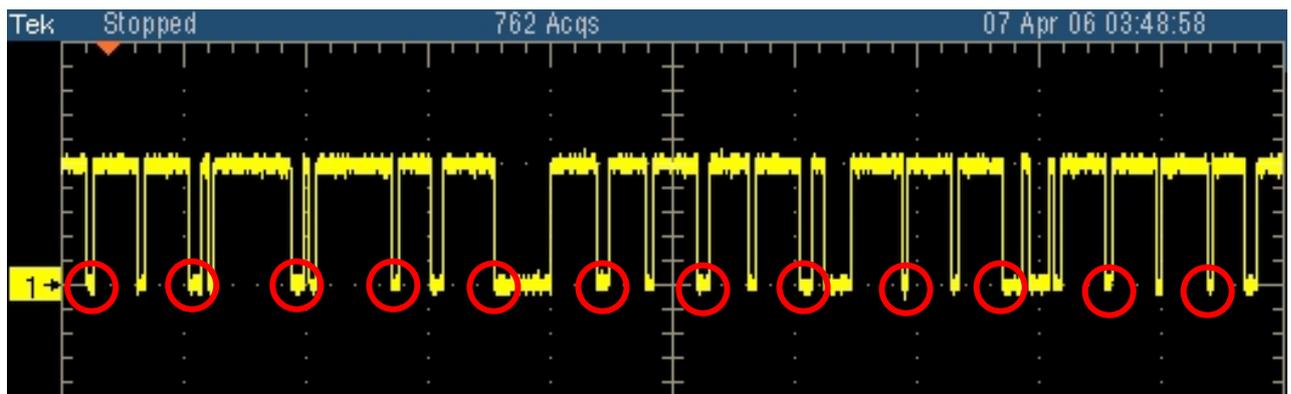


On remarque en bleu la tension à la sortie du MUX. Celle-ci est nulle puisque le topH n'a pas été envoyé au FPGA. Le signal en jaune correspond au flux PCM réinitialisé par la fonction « reset auto ». On remarque le bit de start (à 0) suivi des 15 bits (à 1) correspondants aux 8 bits utiles et aux 7 bits de stop.

Lorsqu'on lance le TopH, on peut visualiser le flux PCM :



On retrouve les bits de start :



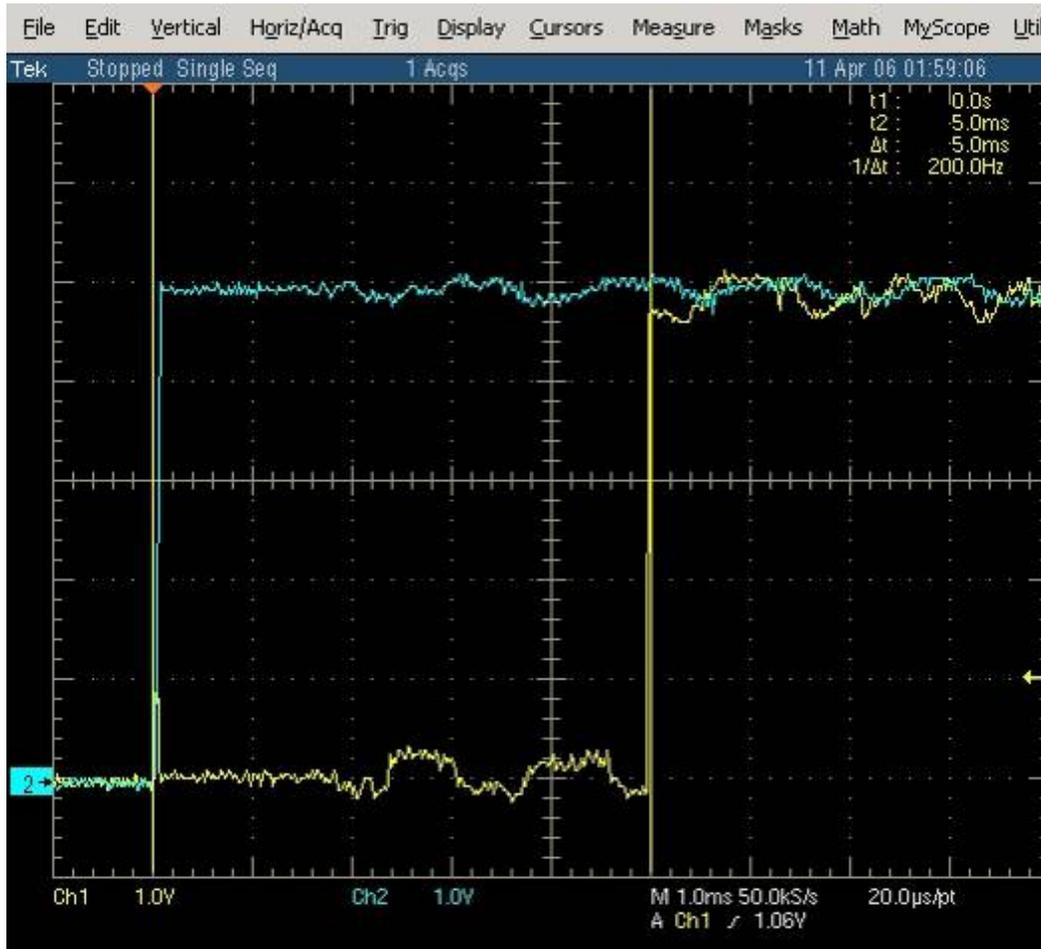
Nous remarquons que, comme prévu, les mots de synchros ne sont pas convertis en FF. Ils sont convertis en FA : 1111 1010.

La figure ci-dessous met en évidence le principe de reset auto.

La courbe bleue représente la tension de 5V sortant du convertisseur. L'échelon correspond à la mise sous tension de la carte.

La courbe jaune correspond à la tension de sortie du circuit reset auto.

Nous observons un retard de 5ms entre la mise sous tension et l'apparition de la tension reset.
La tension reset envoyée au FPGA n'est donc efficace qu'au bout de 5ms, temps pour que tout le système soit correctement alimenté.



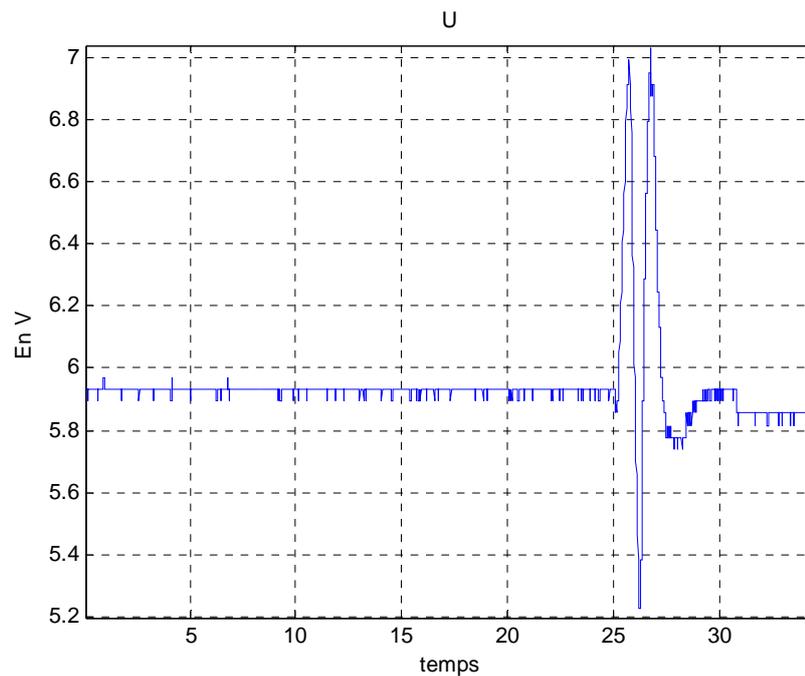
Enfin, nous mettons en évidence la base de temps donnée par le quartz. Il s'agit de créneaux d'amplitude 5V, et de fréquence 96 kHz.



5. Emission / Réception

Nous réceptionnons les valeurs émises sur un ordinateur grâce au logiciel AcqENE_RS232 dont le fonctionnement a été expliqué précédemment.

Après avoir transformé les fichiers .dmp et .dmp.stat en fichier .txt (conversion des valeurs binaires en valeurs décimales conditionnées), nous traitons ce fichier sous Matlab ou Excel et obtenons, par exemple, le graph suivant :



Or nous avons mis 6V en entrée, ce qui nous permet de définir l'offset généré par le traitement. En calculant la valeur moyenne lorsque le signal est continu, nous corrigeons ces offsets dans les formules « d'inversion » des effets du traitement du signal.

Capteur	Offset
Pdyn	-0,03923
Ps	0.025
γ_x	0.27
γ_y	0.15
γ_z	0.157
U	0.07
I	X

Après correction, les valeurs moyennes des phases constantes correspondent bien aux mesures effectuées sur les différentes cartes. Nous validons donc notre montage et nos formules:

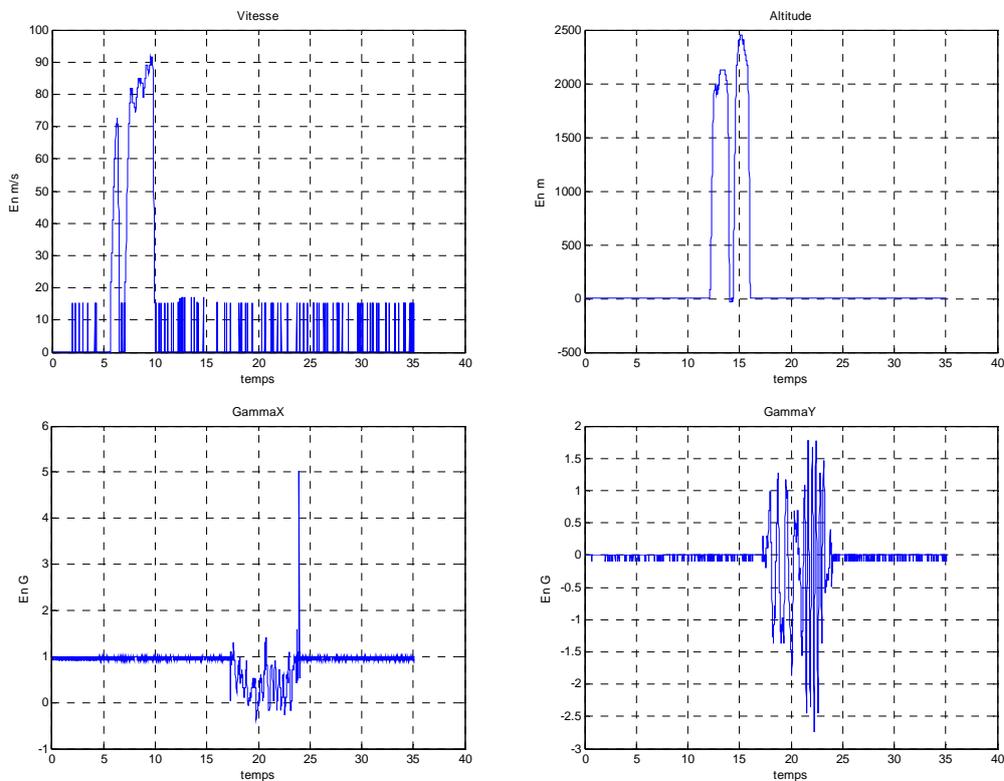
- ✓ $P_{dyn_{réelle}} = decbin(P_{dyn_{binaire}})*(-0.00147)+0.35969-0.03923$
- ✓ $P_{s_{réelle}} = decbin(P_{s_{binaire}})*(-0.00451)+1.09144+0.025$
- ✓ $\gamma_{x_{réelle}} = decbin(\gamma_{x_{binaire}})*25/255-12.5+0.27$
- ✓ $\gamma_{y_{réelle}} = decbin(\gamma_{y_{binaire}})*25/255-12.5+0.15$
- ✓ $\gamma_{z_{réelle}} = decbin(\gamma_{z_{binaire}})*25/255-12.5+0.157$
- ✓ $U_{réelle} = decbin(U_{binaire})*(-0.03921569)+8.6+0.07$
- ✓ $I_{réel} = decbin(I_{binaire})*(-0.0196)+5$

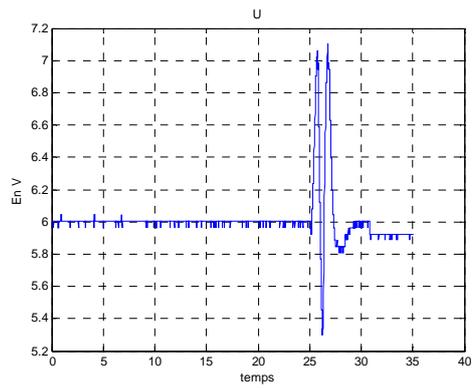
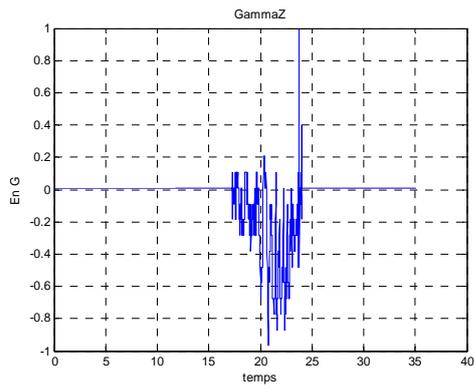
Pour I, on cherchera à calculer l'offset après avoir mis en place une mesure grâce à la résistance de puissance placée a la sortie de la batterie.

Les variations traduisent très correctement les déplacements du support des accéléromètres, ou les variations de la tension d'entrée.

Encore une fois, notre montage et nos choix technologiques sont validés.

Courbes d'évolutions de nos différents paramètres





Prolongement

1. Limites du système

En premier lieu, il est à noter que nos mesures et notre traitement conduisent à une exploitation des résultats tout à fait correcte. En revanche, le traitement de Pd qui conduit à la vitesse n'est pas exploitable en l'état. La limite de cette conception réside dans le fait de ne pas avoir filtré ces tensions (manque de temps).

Étant donné les moyens mis à notre disposition, nous n'avons pu réaliser entièrement la calibration de chaque capteur. Une seule mesure statique a été prise en compte. Pour les mêmes raisons, nous n'avons pu vérifier ni leur linéarité, ni leur répétitivité.

En suite, nous n'avons pu mettre en évidence avec des mesures concrètes la bande passante de cette télémesure.

Enfin, nous n'avons pu automatiser complètement la mise en route du système.

2. Perspectives

Il est évident que les limites peuvent être repoussées avec davantage de temps et de moyens.

- ✓ A terme, il serait intéressant de travailler avec un logiciel gratuit, évitant le problème de licence que peut poser Matlab.
- ✓ On pourrait également s'attacher à donner la possibilité de choisir le fichier texte créé dans une boîte de dialogue, à permettre une visualisation temps réel et à tracer les évolutions de position par intégrations des accélérations.
- ✓ L'encombrement de la maquette reste un problème majeur qu'il faudrait chercher à optimiser.
- ✓ La fiabilité demande encore à être évaluée.

Conclusion

L'objectif de notre projet était de réaliser un dossier technique de définition et de validation d'un système de télémessure. Pour y parvenir, nous avons complété la maquette existante et validé le choix que nous avons fait pour chaque fonction. Ainsi, pour chaque paramètres relevé par les capteurs, nous nous sommes assurés que les signaux étaient correctement conditionnés, traduits en binaire et transmis à l'utilisateur.

Le système fonctionnant parfaitement, nous avons pu alors établir le dossier de définition comportant une description techniques précise des composants utilisés, et une analyse complète des résultats obtenus.

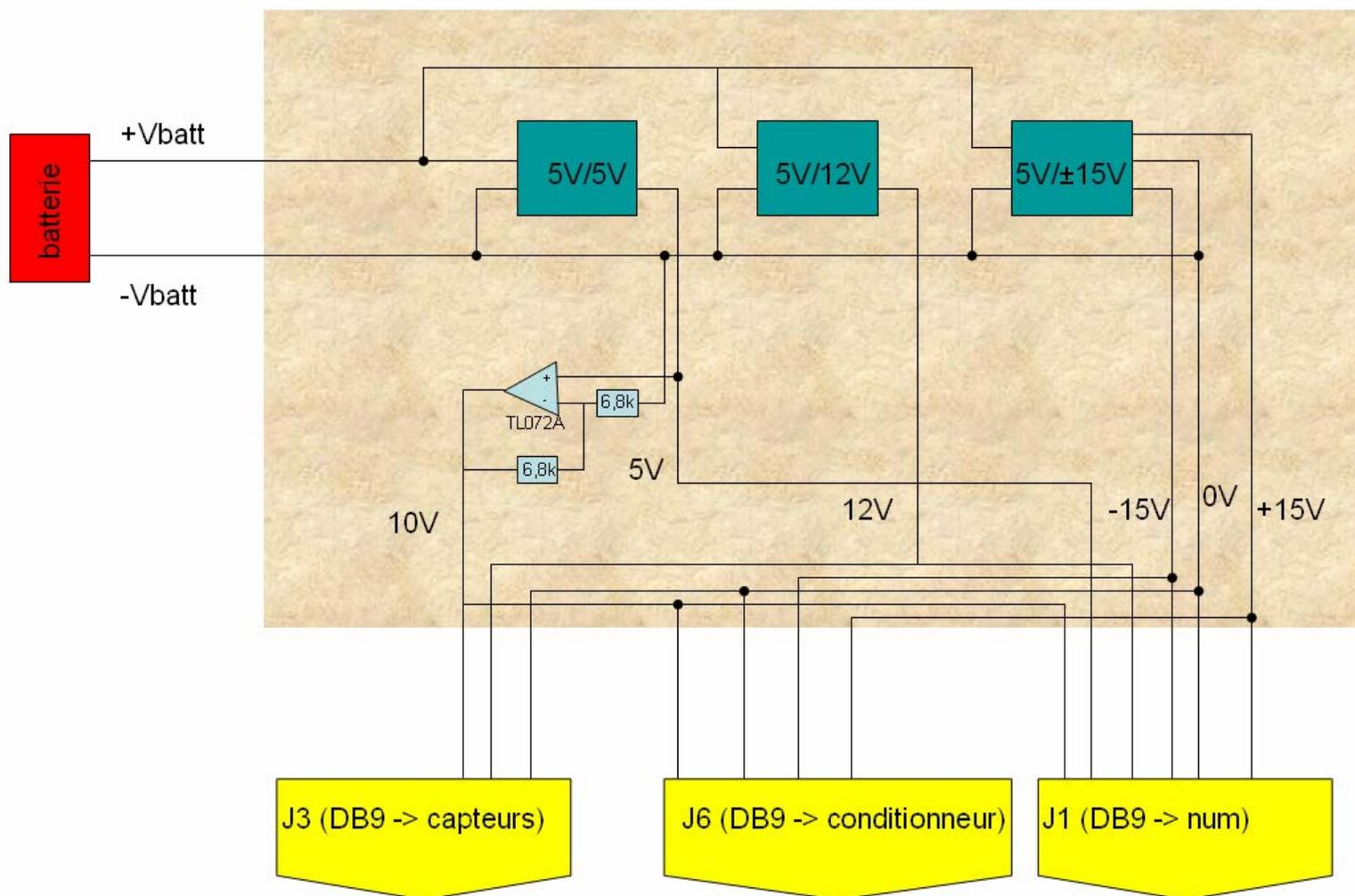
Ce projet nous a permis d'appréhender un système dans sa globalité. De la conception à la réalisation, nous avons pu aborder diverses facettes du métier d'ingénieur, ce qui nous a paru très enrichissant. Si nous nous sommes répartis les différents travaux, nous avons chacun une vue d'ensemble du projet grâce notamment aux nombreux rendez vous que nous avons eu avec nos tuteurs.

Ainsi, le dossier est aujourd'hui diffusable, la maquette est utilisable et elle peut facilement être intégrée dans un mobile.

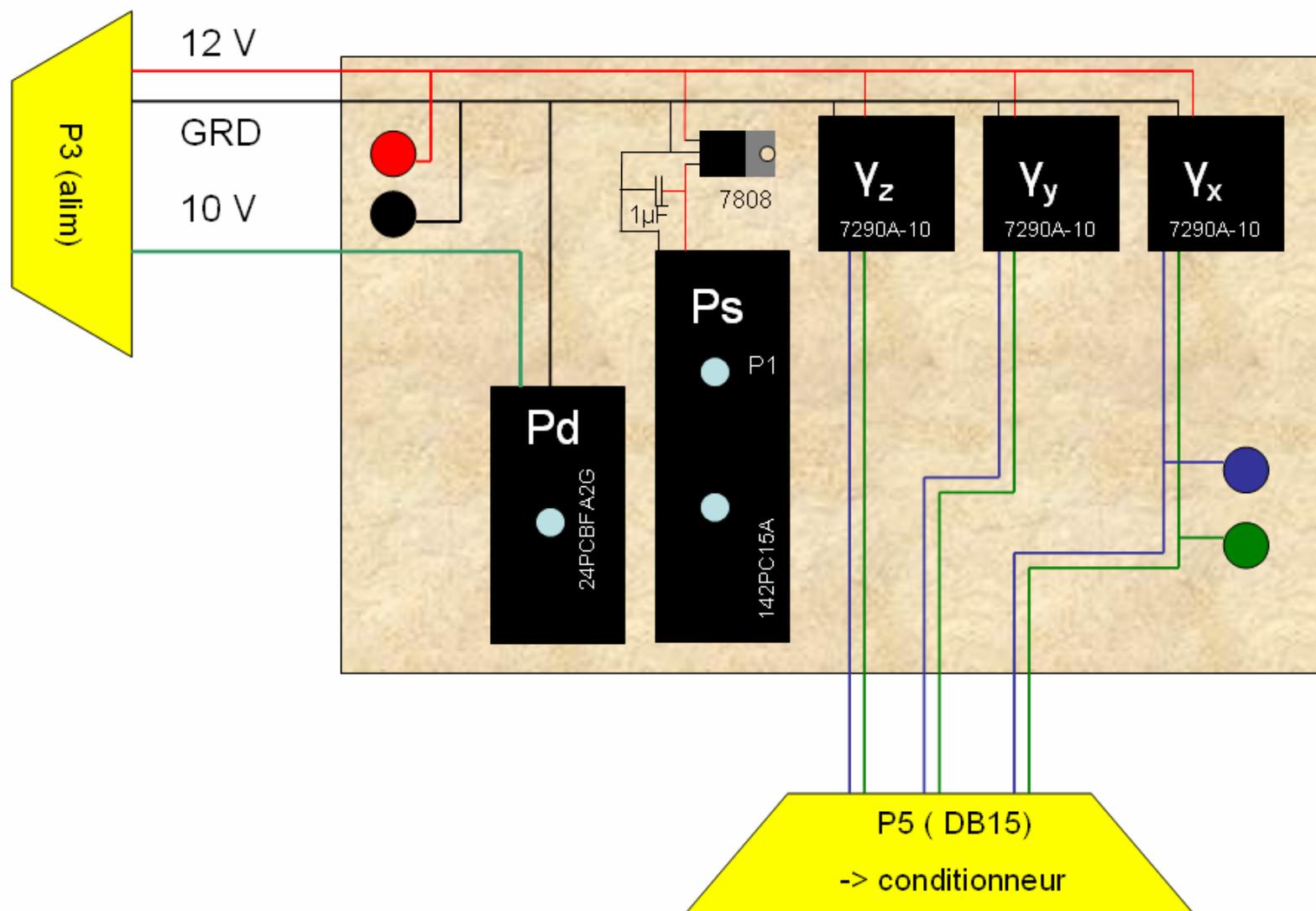
Annexes

Carte alimentation.....	2
Carte Capteurs.....	3
Carte conditionnement.....	4
Carte numérique Entrée MUX.....	6
Sortie et pilotage MUX.....	7
Câblage CAN.....	8
FPGA.....	9
Branchement Cartes.....	10
Convertisseur.....	11
Capteurs d'accélération.....	13
Capteur de pression dynamique.....	14
Capteur de pression absolue.....	15
MUX.....	16
CAN.....	17
Emetteur.....	18
Récepteur.....	20
Tableau de correspondance.....	24
Code Matlab trace_des_courbes.m.....	25

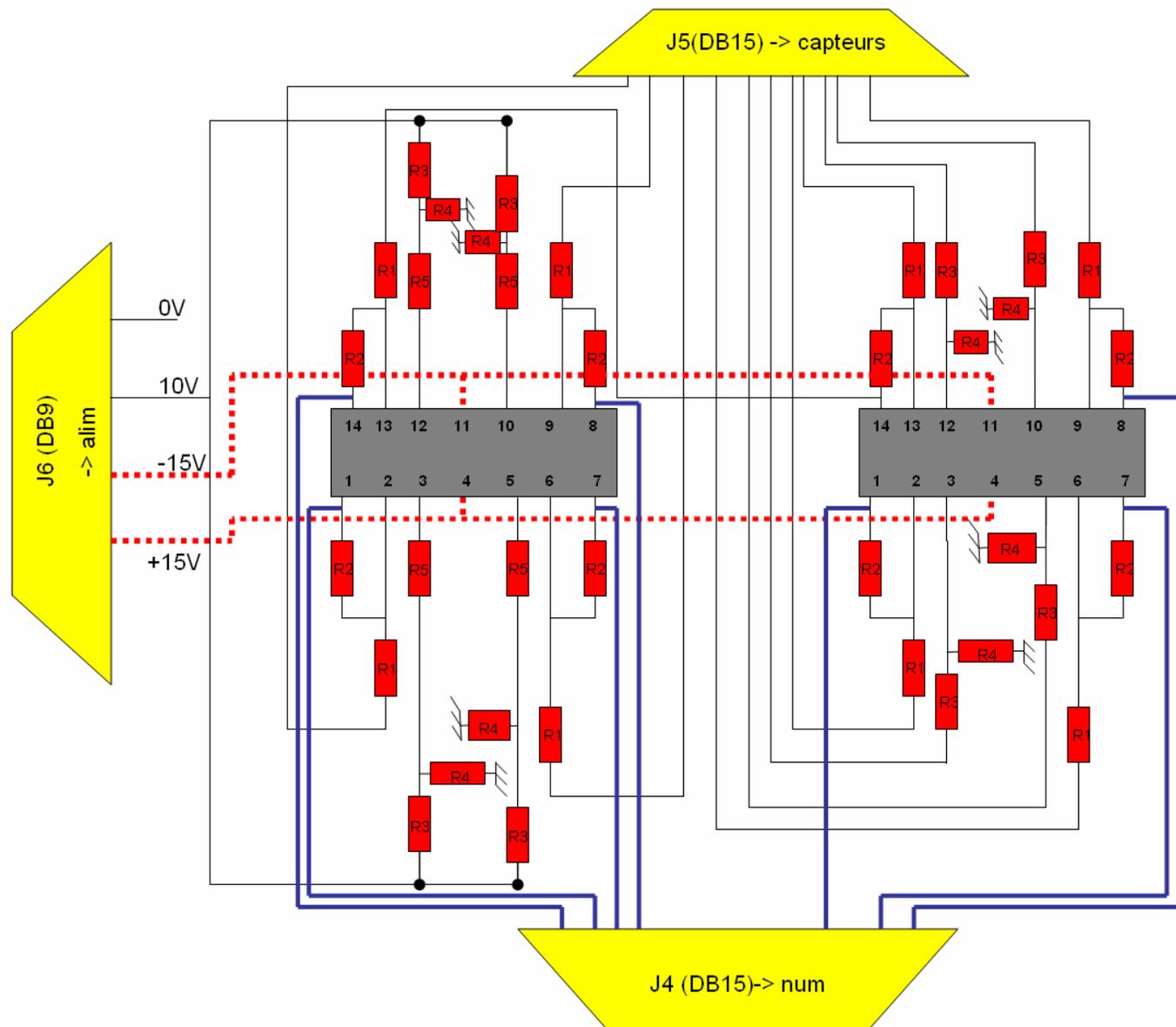
Carte alimentation



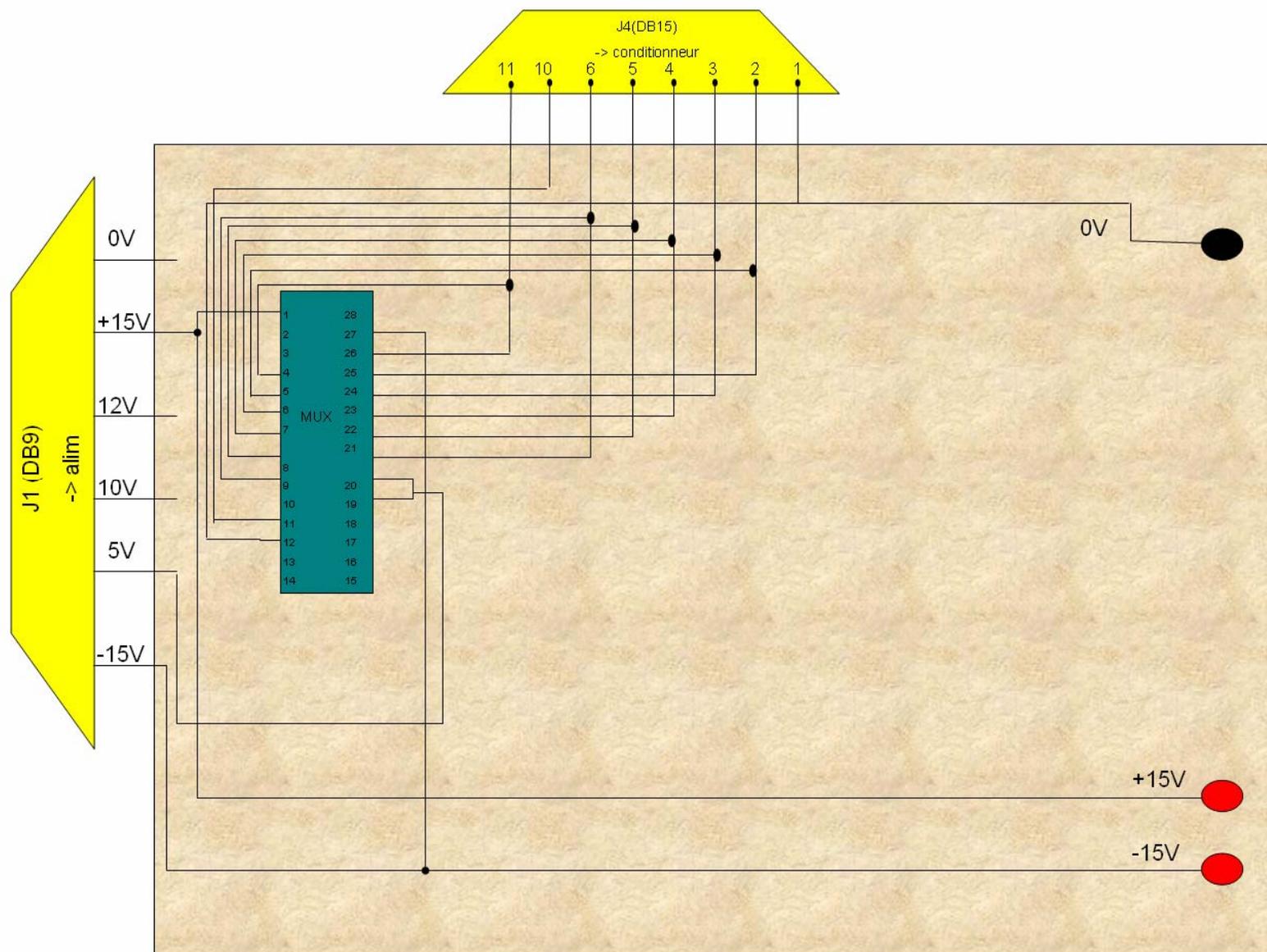
Carte Capteurs



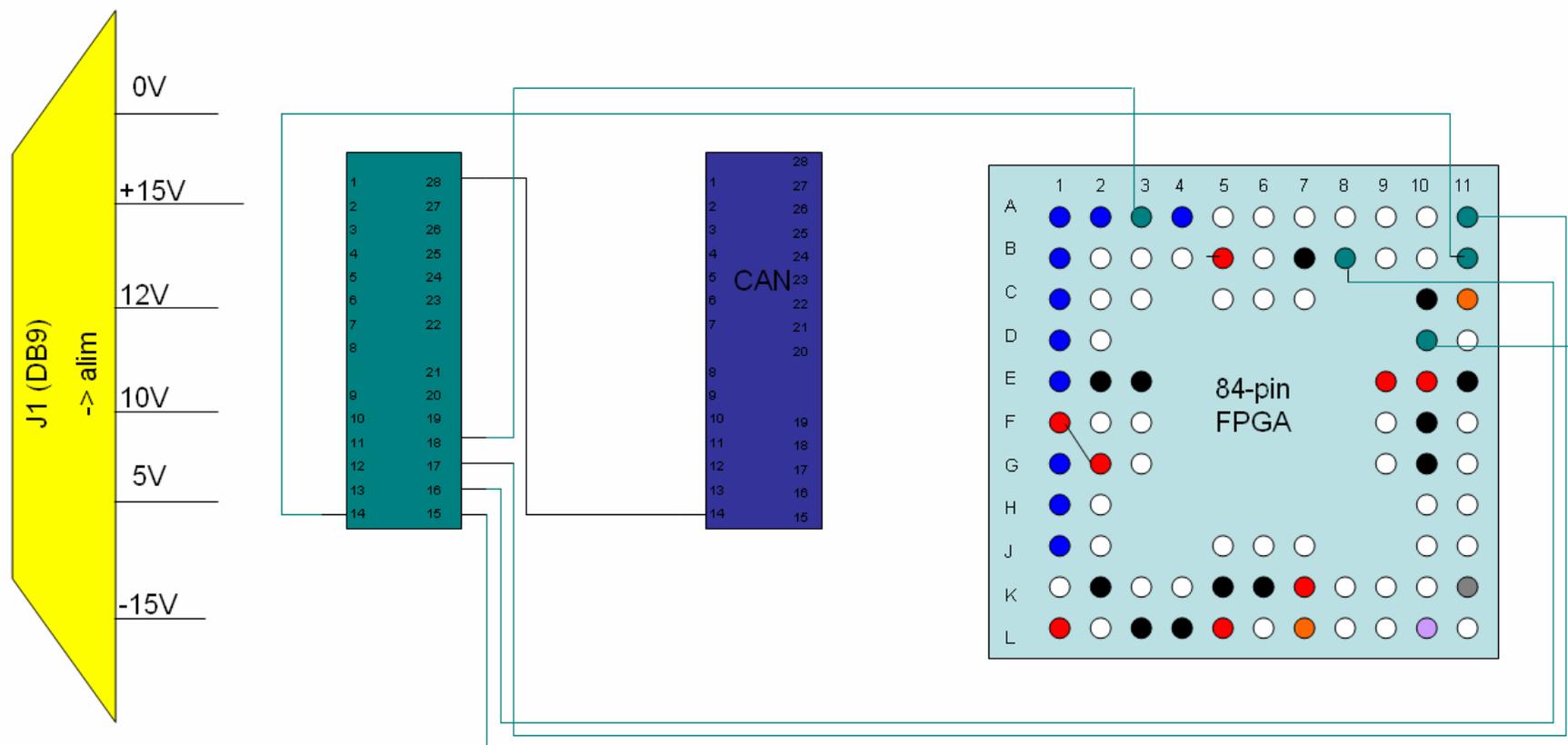
Carte conditionnement



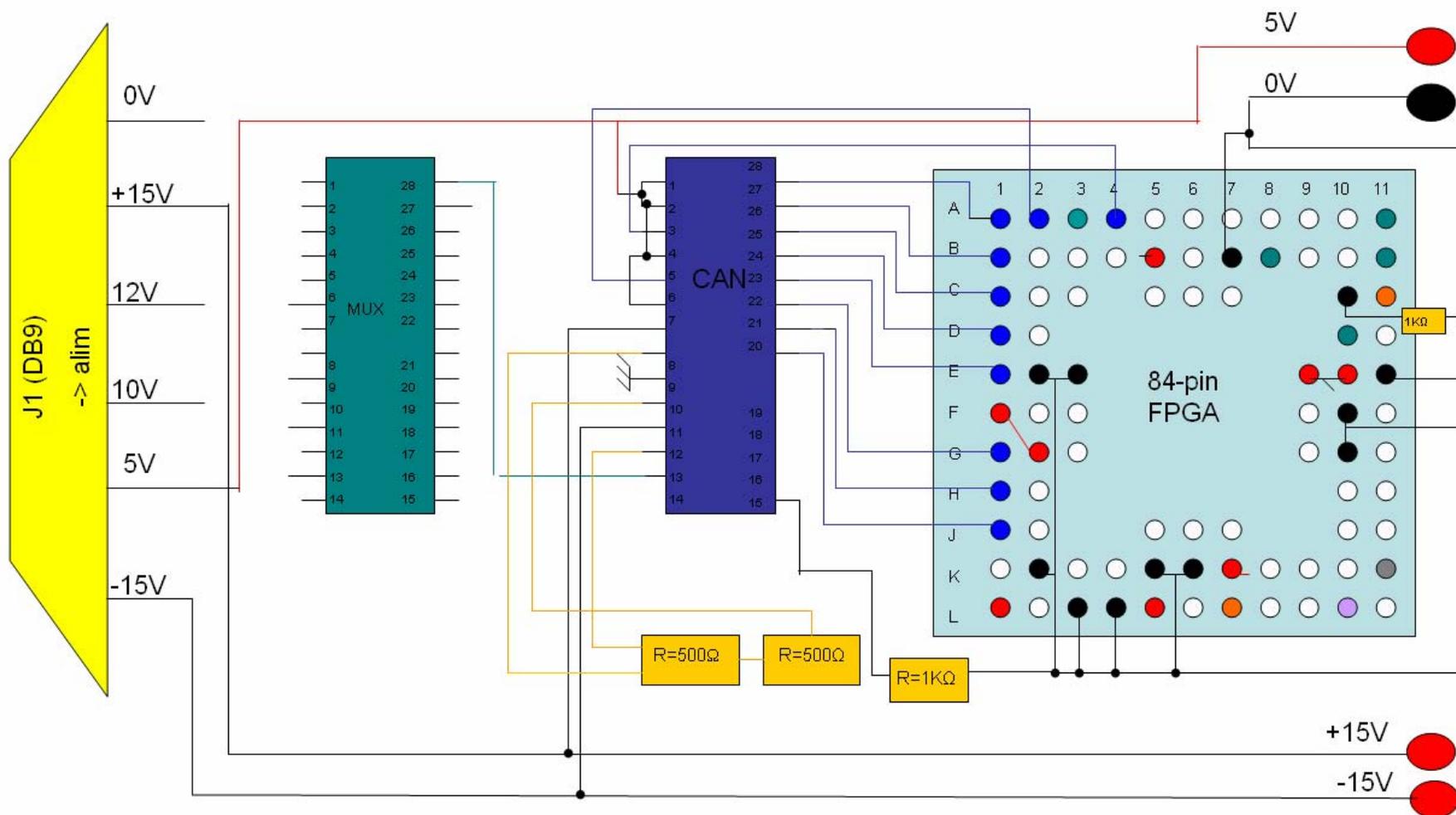
Carte numérique Entrée MUX

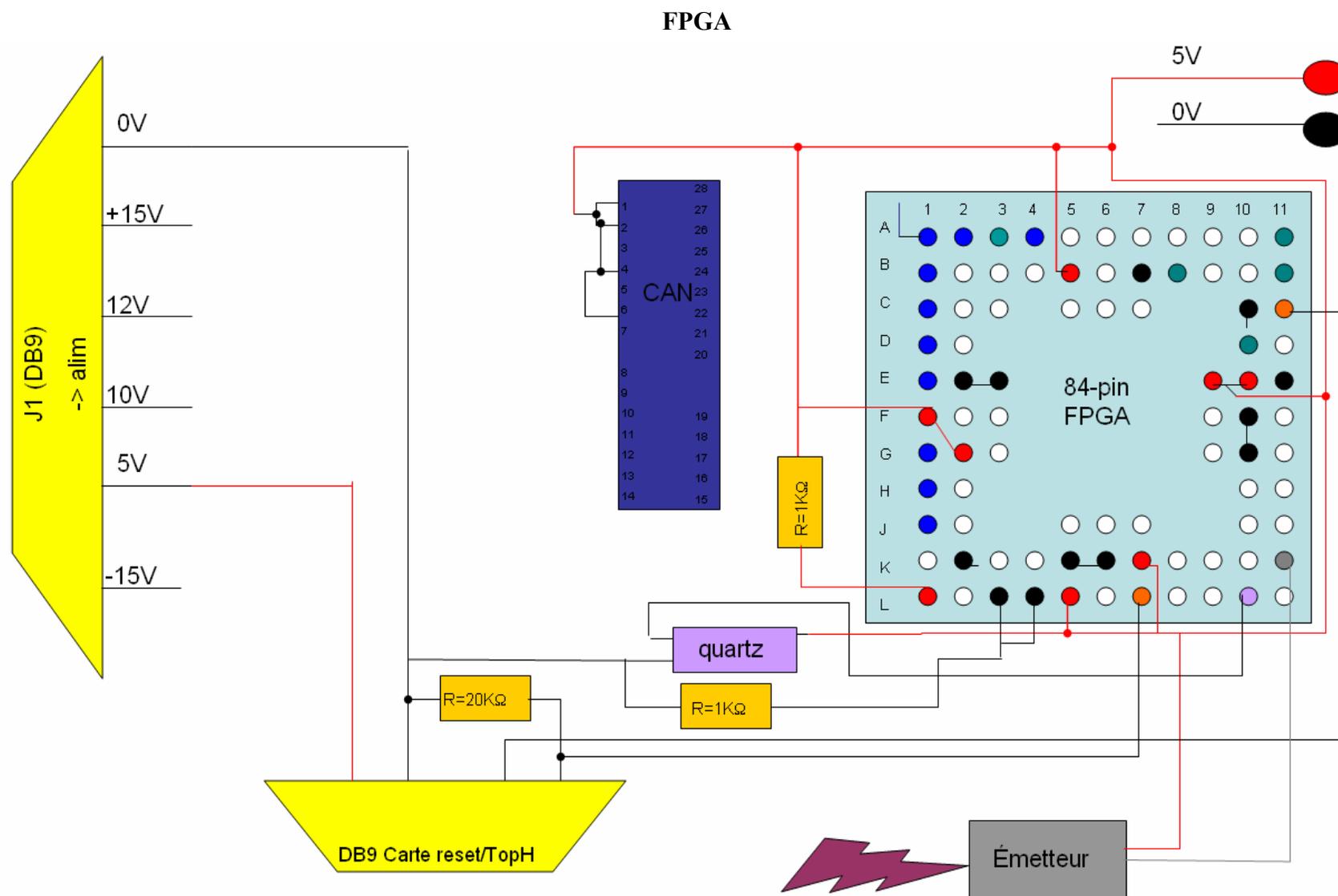


Sortie et pilotage MUX

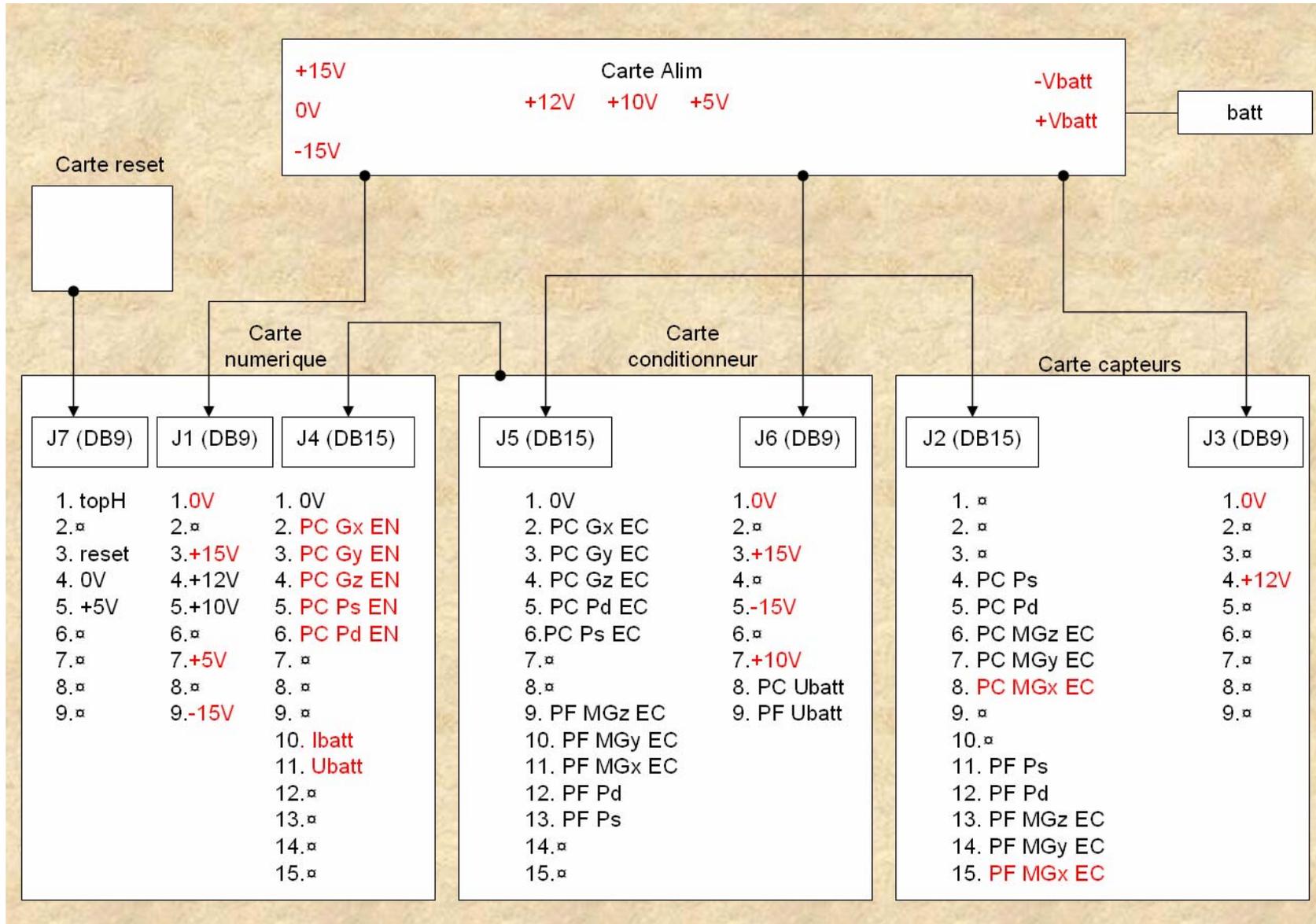


Câblage CAN





Branchement Cartes



Convertisseur

**TRACO
POWER**

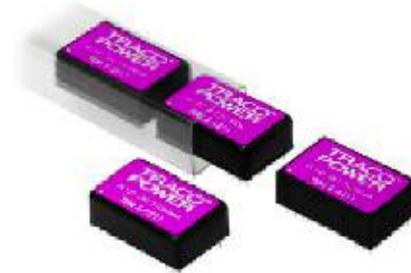
DC/DC Converter

TEM 3 Series

3 Watt

Features

- DIL-24 Metal Package
- Tightly regulated Output
- Very low Output Noise
- Short-Circuit Protection
- I/O Isolation 1000 VDC
- Internal Filter
- Industry Standard Pinout
- 3 Year Product Warranty



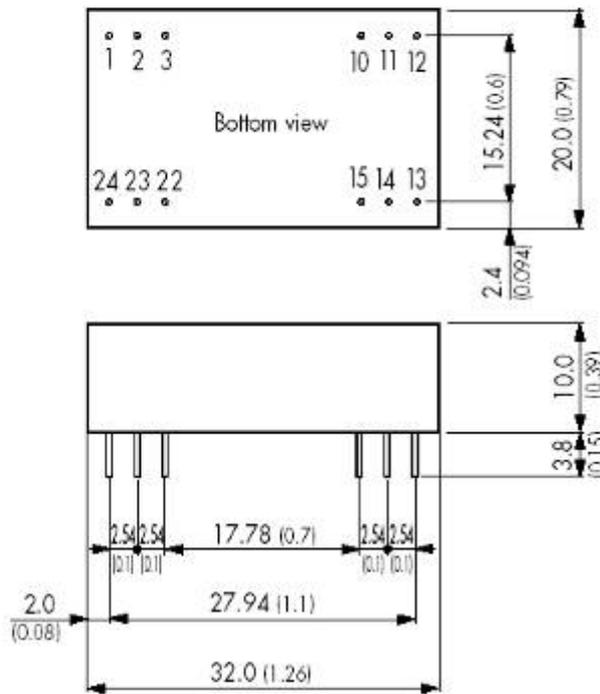
The TEM 3 series is a range of isolated dc/dc converters in a DIL-24 package. They offer tight output regulation and very low output noise. Operating temperature range is -25°C to $+71^{\circ}\text{C}$. This product series provides a cost effective solution for many industrial or consumer electronics applications.

Ordercode	Input voltage	Output voltage	Output current max.	Efficiency typ.
TEM 3-0511	5 VDC \pm 10%	5 VDC	600 mA	60 %
TEM 3-0512		12 VDC	250 mA	62 %
TEM 3-0521		\pm 12 VDC	\pm 125 mA	60 %
TEM 3-0522		\pm 15 VDC	\pm 100 mA	60 %

Output Specifications

Voltage set accuracy		\pm 3 %
Regulation	<ul style="list-style-type: none"> - Input variation $V_{in\ min.}$ to $V_{in\ max.}$ - Load variation 10 – 100 % - single output models - dual output models balanced load - dual output models unbalanced load 	<ul style="list-style-type: none"> \pm 0.5 % max. \pm 0.5 % max. \pm 1.0 % max. \pm 3.0 % max.
Ripple and noise (20 MHz Bandwidth)		50 mVpk-pk max.
Temperature coefficient		\pm 0.02 % / K

Outline Dimensions mm (inches)



Pin-Out		
Pin	Single	Dual
1	+Vin (Vcc)	+Vin (Vcc)
2	No con.	-Vout
3	No con.	Common
10	-Vout	Common
11	+Vout	+Vout
12	-Vin (GND)	-Vin (GND)
13	-Vin (GND)	-Vin (GND)
14	+Vout	+Vout
15	-Vout	Common
22	No con.	Common
23	No con.	-Vout
24	+Vin (Vcc)	+Vin (Vcc)

Pin diameter $\varnothing 0.5 \pm 0.05$ (0.02 \pm 0.002)

Tolerances ± 0.5 (0.02)

Capteurs d'accélération.



Actual size

The Model 7290A can operate from 9.5 V to 18.0 V and provide a high level, low impedance output. The ± 2 volt differential output is dc coupled at a dc bias of approximately 3.6 V. Frequency response is controlled by the near-critically damped sensors. The use of gas damping results in very small thermally-induced changes of frequency response.

	Units	-10
RANGE [1]	g pk	± 10
SENSITIVITY (at 100 Hz) [2] [3]	mV/g	200 ± 10
AMPLITUDE RESPONSE [4]		
$\pm 5\%$	Hz	0 to 500
MOUNTED RESONANCE FREQUENCY	Hz	3000
NON-LINEARITY AND HYSTERESIS [5]	% FSO Typ	± 0.20
	% FSO (Max)	± 0.50
TRANSVERSE SENSITIVITY [6]	% Max	2
ZERO MEASURAND OUTPUT [3]	mV Max	± 50
DAMPING RATIO		0.7
DAMPING RATIO CHANGE	%/°F	+0.04
From -65°F to +250°F (-55°C to +121°C)	%/°C	+0.08

Capteur de pression dynamique.

Pressure Sensors

24PC Series

Gage and Differential/Unamplified-Noncompensated

Basic Sensors



FEATURES

- Miniature package
- Variety of gage pressure port configurations - easily and quickly modified for your special needs
- Operable after exposure to frozen conditions
- Ideal for wet/wet differential applications
- Choice of termination for gage sensors
- 2 mA constant current excitation significantly reduces sensitivity shift over temperature*
- Can be used to measure vacuum or positive pressure

24PC SERIES PERFORMANCE CHARACTERISTICS at 10.0 ±0.01 VDC Excitation, 25°C

	Min.	Typ.	Max.	Units
Excitation	--	10	12	VDC
Null Offset	-30	0	+30	mV
Null Shift, 25° to 0°, 25° to 50°C	--	±2.0	--	mV
Linearity, P2 > P1, BFSL	--	±0.25	±1.0	%Span
Span Shift, 25° to 0°, 25° to 50°C	--	±5.0*	--	%Span
Repeatability & Hysteresis	--	±0.15	--	%Span
Response Time	--	--	1.0	msec
Input Resistance	4.0 K	5.0 K	6.0 K	ohms
Output Resistance	4.0 K	5.0 K	6.0 K	ohms
Stability over One Year	--	±0.5	--	%Span
Weight	--	2	--	grams

ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS

Operating Temperature	-40° to +85°C (-40° to +185°F)
Storage Temperature	-55° to +100°C (-67° to +212°F)
Shock	Qualification tested to 150 g
Vibration	Qualification tested to 0 to 2 kHz, 20 g sine
Media (P1 & P2)	Limited only to those media which will not attack polyetherimide, silicon, fluorosilicone, silicone, EPDM and neoprene seals.

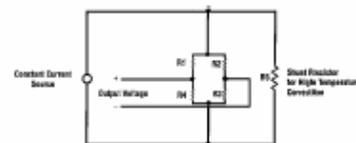
24PC SERIES ORDER GUIDE

Catalog Listing	Pressure Range psi	Span, mV			Sensitivity mV/psi Typ.	Overpressure psi Max.
		Min.	Typ.	Max.		
24PCE Type	0.5	24	35	46	70	20
24PCA Type	1.0	30	45	60	45	20
24PCB Type	5.0	85	115	145	23	20
24PCG Type	15	165	225	285	15	45
24PCD Type	30	240	330	420	11	60
24PCF Type	100	156	225	294	2.25	200
24PCG Type	250	145	212	280	0.85	500

* Non-compensated pressure sensors, excited by constant current instead of voltage, exhibit temperature compensation of Span. Application Note #1 briefly discusses current excitation.

Constant current excitation has an additional benefit of temperature measurement. When driven by a constant current source, a silicon pressure sensor's terminal voltage will rise with increased temperature. The rise in voltage not only compensates the Span, but is also an indication of the temperature.

Constant Current Excitation Schematic



SENSOR SELECTION GUIDE

2 Product Family	4 Circuit Type	PC Pressure Transducer	A Pressure Range	F* Type of Seal	A Type of Port	2 Termination Style	G Pressure Measurement
2 20PC family	4 Noncompensated		A 1 psi B 5 psi C 15 psi D 30 psi E 0.5 psi F 100 psi G 250 psi	E EPDM F Fluorosilicone N Neoprene S Silicone	A Straight B Barbed C Luer D Modular H M5 Thread I 90° Port J Needle K Reverse 90 Port L 1/4 - 28 UNF w/Cable Lock M 1/4 - 28 UNF w/o Cable Lock S Manifold	1 1 x 4 (.400") 2 2 x 2 6 1 x 4 (.600")	G Gage D Differential

Example: 24PCFA2G

Standard, non-compensated 1 psi sensor with fluorosilicone seal, straight port, 2 x 2 terminals, and Gage pressure measurement.

*Other media seal materials may be available.

Capteur de pression absolue.

Pressure Sensors

Absolute, Differential, Gage, Vacuum Gage/Amplified



FEATURES

- PCB terminals on opposite side from the ports
- Fully signal conditioned

140PC SERIES PERFORMANCE CHARACTERISTICS at 8.0 ±0.01 VDC Excitation, 25°C

	Min.	Typ.	Max.	Units
Excitation	7.00	8.00	16.0	VDC
Supply Current	---	8.00	20.0	mA
Current Sourcing Output	---	---	10	mA
Null Offset (141/142PC)	0.95	1.00	1.05	V
Null Offset (143PC) *	3.45	3.50	3.55	V
Null Offset				
142PC15A @ 2 psia	1.62	1.67	1.72	V
142PC30A @ 2 psia	1.28	1.33	1.38	V
Output at Full Pressure	5.90	6.00	6.10	V

Catalog Listing	Pressure Range psia	Shift Null, Sensitivity, Combined**				Sensitivity V/psi	Overpressure psi Max.	Linearity, B.F.S.L.		Repeatability & Hysteresis % Span Typ.
		25 to 5° 25 to 45°C		25 to -18° 25 to +63°C	25 to -40° 25 to 85°C			P2 > P1	P2 < P1	
		Typ.	Max.	Max.	Max.			% Span		
		Max.	Max.	Max.	Max.			Max.		
142PC15A	0-15	±0.50	---	±1.00	±2.00	0.333	45	---	±0.40	±0.15

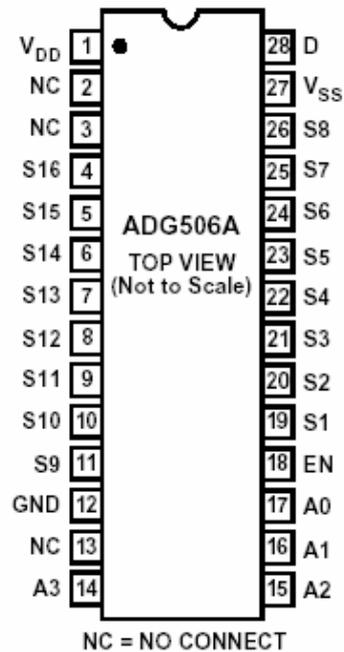
MUX

8-/16-Channel Analog Multiplexers ADG506A

FEATURES

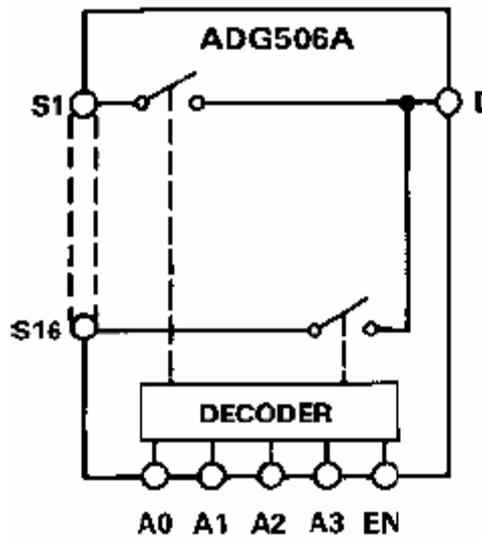
- 44 V Supply Maximum Rating
- V_{SS} to V_{DD} Analog Signal Range
- Single/Dual Supply Specifications
- Wide Supply Ranges (10.8 V to 16.5 V)
- Extended Plastic Temperature Range
(-40°C to +85°C)
- Low Power Dissipation (28 mW max)
- Low Leakage (20 pA typ)
- Available in 28-Lead DIP, SOIC, PLCC, TSSOP and LCCC Packages

DIP, SOIC



Truth Table (ADG506A)

A3	A2	A1	A0	EN	On Switch
X	X	X	X	0	NONE
0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	1	2
0	0	1	0	1	3
0	0	1	1	1	4
0	1	0	0	1	5
0	1	0	1	1	6
0	1	1	0	1	7
0	1	1	1	1	8
1	0	0	0	1	9
1	0	0	1	1	10
1	0	1	0	1	11
1	0	1	1	1	12
1	1	0	0	1	13
1	1	0	1	1	14
1	1	1	0	1	15
1	1	1	1	1	16



CAN



HI-574A, HI-674A

Data Sheet

June 2001

File Number 3096.5

Complete, 12-Bit A/D Converters with Microprocessor Interface

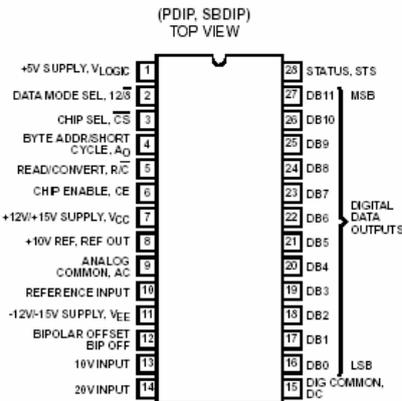
The HI-X74(A) is a complete 12-bit, Analog-to-Digital Converter, including a +10V reference clock, three-state outputs and a digital interface for microprocessor control. Successive approximation conversion is performed by two monolithic dice housed in a 28 lead package. The bipolar analog die features the Intersil Dielectric Isolation process, which provides enhanced AC performance and freedom from latch-up.

Custom design of each IC (bipolar analog and CMOS digital) has yielded improved performance over existing versions of this converter. The voltage comparator features high PSRR plus a high speed current-mode latch, and provides precise decisions down to 0.1 LSB of input overdrive. More than 2X reduction in noise has been achieved by using current instead of voltage for transmission of all signals between the analog and digital ICs. Also, the clock oscillator is current controlled for excellent stability over temperature.

The HI-X74(A) offers standard unipolar and bipolar input ranges, laser trimmed for specified linearity, gain and offset accuracy. The low noise buried zener reference circuit is trimmed for minimum temperature coefficient.

Power requirements are +5V and ±12V to ±15V, with typical dissipation of 385mW (HI-574A/674A) at 12V.

Pinout



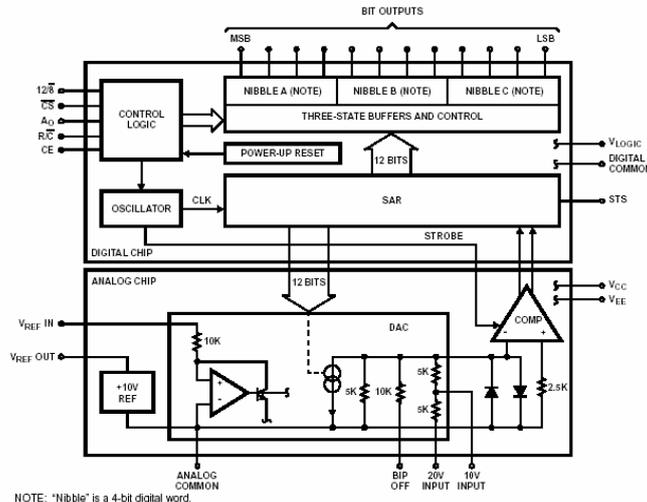
Features

- Complete 12-Bit A/D Converter with Reference and Clock
- Full 8-Bit, 12-Bit or 16-Bit Microprocessor Bus Interface
- Bus Access Time 150ns
- No Missing Codes Over Temperature
- Minimal Setup Time for Control Signals
- Fast Conversion Times
 - HI-574A (Max) 25µs
 - HI-674A (Max) 15µs
- Low Noise, via Current-Mode Signal Transmission Between Chips
- Byte Enable/Short Cycle (A₀ Input)
 - Guaranteed Break-Before-Make Action, Eliminating Bus Contention During Read Operation. Latched by Start Convert Input (To Set the Conversion Length)
- Supply Voltage ±12V to ±15V

Applications

- Military and Industrial Data Acquisition Systems
- Electronic Test and Scientific Instrumentation
- Process Control Systems

Functional Block Diagram



Emetteur

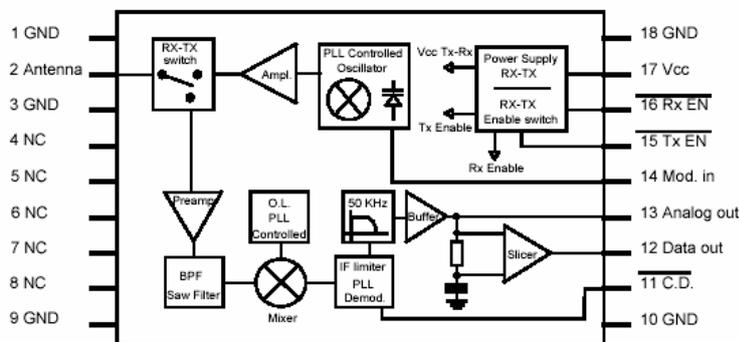


XTR-434xxx
Instruction Manual

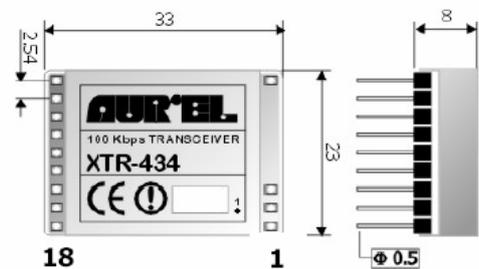
Transceiver mod. XTR-434

Miniaturized data transceiver modules, **100 Kbps [XTR-434]**, or **50 Kbps [XTR-434L]** maximum speed, 433.92 MHz operating frequency.

Pin-Out and Block diagram



Dimensions



Connections

Pin 1-3	RF GND	RF circuit GND.
Pin 2	Antenna	50Ω impedance antenna connection
Pin 9-10-18	GND	Connections to GND. Internally connected also to the module's shield.
Pin 11	CD	Carrier Detect. With enabled receiver, a low signal [voltage level 0V], indicates that the receiver detects an RF carrier. The line activates with an RF signal of about -96 dBm applied to pin 2 [antenna]. High impedance output available only for loads under CMOS logic.
Pin 12	RXD	Receiver data output. Load impedance allowed: over >100KΩ. No capacitance allowed.
Pin 13	AF	Filtered and buffered output representing the analogic output of the FM detector. Load impedance allowed: over 2KΩ and less than 100pF.
Pin 14	TXD	Input to transmitter; accepts serial data in TTL logic [0 ÷ 5V] with a 10KΩ load impedance.
Pin 15	TX ENABLE	Active when low, [voltage level 0V], enables the transmitter circuit, 1mA required current.
Pin 16	RX ENABLE	Active when low, [voltage level 0V], enables the receiver circuit, 1mA required current.
Pin 17	Vcc	Connection to the positive pole of the supply voltage [+5V ± 10%].





Technical features

Characteristics	Min	Typical	Max	Unity	Remarks
Voltage supply	4,5	5	5,5	Vdc	
Supply current [TX ON]	24	28	32	mA	
Supply current [RX ON]	10	11	12	mA	
Supply current [TX/RX OFF]			100	nA	
RX SECTION					
Reception frequency		433.92		MHz	
RF sensitivity [XTR-434]		-100	-102	dBm	See note 1
RF sensitivity [XTR-434L]		-103	-105	dBm	See note 1
IF passband		150		KHz	
Interferences rejection [at 5% band limits]		-80		dB	
RF spurious emissions in antenna		absent			See note 2
Output square wave [XTR-434]	10		50	KHz	
Output square wave [XTR-434L]	2.5		25	KHz	
Output low logic level		0,1		V	See note 4
Output high logic level		3.5		V	See note 4
Carrier Detect [CD] threshold	-96	-98		dBm	
TX SECTION					
Transmission frequency		433.92		MHz	
Modulation passband [XTR-434]	10		50	KHz	
Modulation passband [XTR-434L]	2.5		25	KHz	
FM deviation		±25		KHz	
TX output power			10	dBm	
Antenna impedance		50		Ω	
RX switch-on time		1		ms	
TX switch-on time		1		ms	
Working temperature	-20		+80	°C	
Working temperature [ETS 300 220]	-20		+55	°C	
Dimensions	33 x 23 x 8 mm				

Note1

[XTR-434]: test as Fig. 3 , RF IN -100 dBm, FM Deviation ± 25KHz and Modulation frequency 40 KHz.

[XTR-434L]: test as Fig. 3 , RF IN -103 dBm, FM Deviation ± 25KHz and Modulation frequency 20 KHz.

Note2: The R.F. emission measure has been obtained by direct connection of the spectrum analyser to XTR module pin 2.

Note3: Switch-on time is the time required by the device to acquire the declared characteristics, from the very moment the enable signal is applied.

Note4: Values obtained with a 10KΩ load applied.

TX/RX Enabling

Pin 15 [TX ENABLE] and 16 [RX ENABLE] can acquire the following status:

Pin 15 TX ENABLE	Pin 16 RX ENABLE	Functions
1	1	Disabled module
1	0	Enabled receiver
0	1	Enabled transmitter
0	0	Not to be used condition

Récepteur

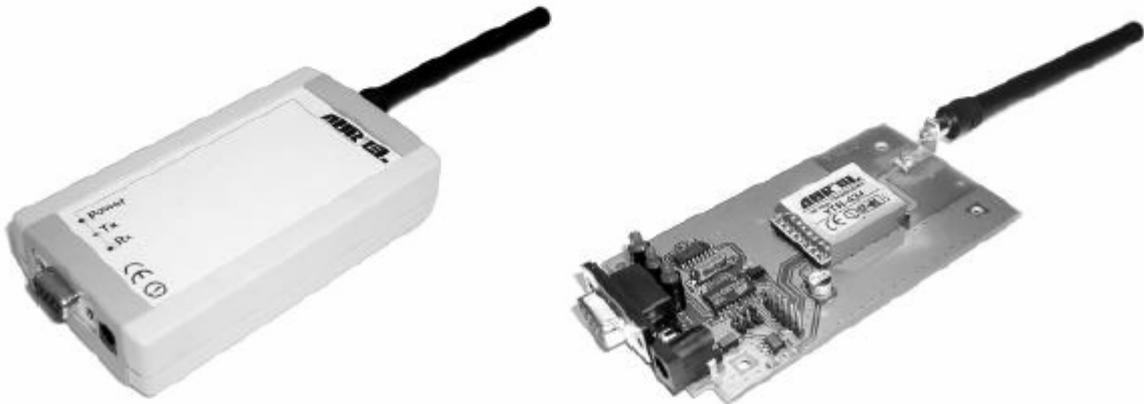
AUR·EL

WIZ2-434
Instruction Manual

Single channel data transceiver module WIZ2-434

Available models:

- **WIZ2-434-RS**: data input by RS232 ($\pm 12V$) logic, 9-15V supply
- **WIZ2-434-RSB**: same as above, but in a plastic shell.



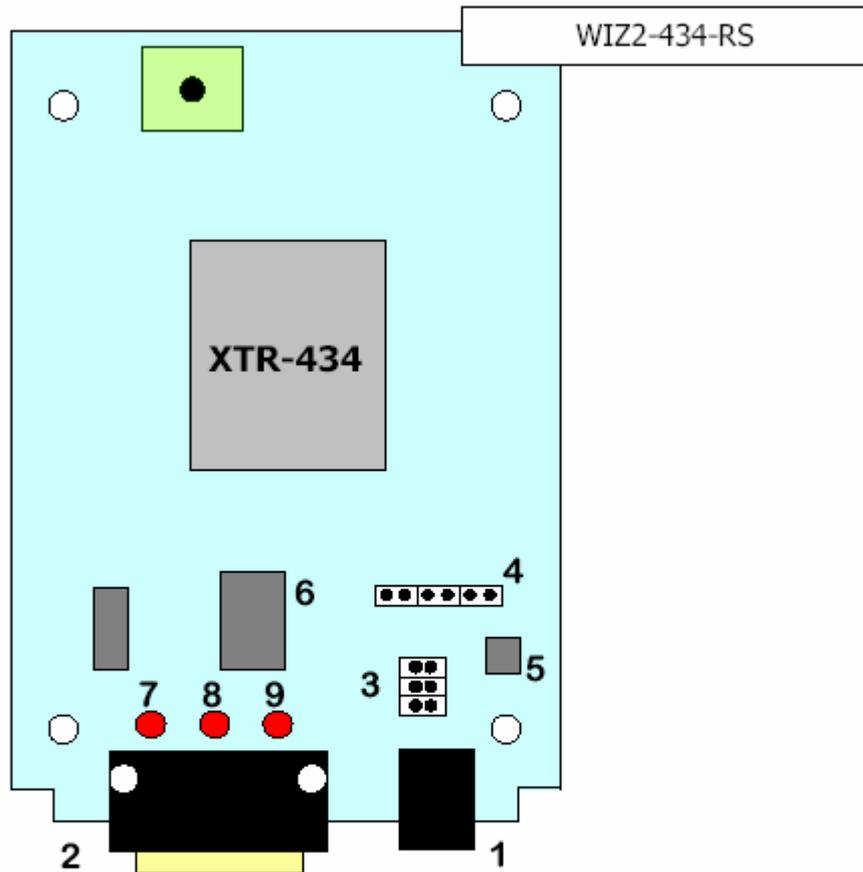
The WIZ2-434-x modules are intelligent transceivers that support a digital data packet transfer of any length (1-96 bytes).

The data transferred to the remote unit are error-free since, at the arrival, are verified and confirmed.

- Half-duplex serial connection with RS232 protocol, with a speed range programmable (9600, 19200, 57600, 115200 b/s)
- Data's packet length: 1-96 bytes
- Packet validity control at the reception
- RF connection through a 433.92 MHz band
- 2FSK modulation
- Operating range: 40m indoor, 150m outdoor
- Status LED (Power ON, TX, RX)
- It complies with ETSI 300-220 regulations
- 9-15 V power supply

1. Lay-out

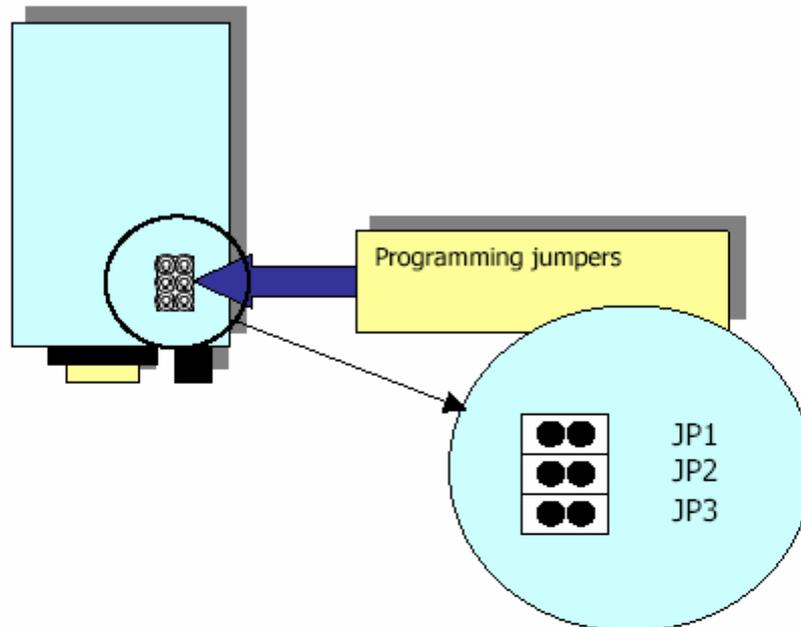
The WIZ2-434-RS model foresees a 9-15V voltage range, supplied to the DC (1) connector and signals in RS232 logic on the female, 9 pins D (2) connector.



1	9-15V DC supply connector (internal Vcc, external GND)	6	Microcontroller
2	RS232, female, 9 pins, D type, connector	7	POWER signalling LED
3	Programming jumper	8	TX signalling LED
4	ICP jumper (<i>In Circuit Programming</i>)	9	RX signalling LED
5	5V voltage stabilizer		

4. Programming Jumpers

To reach the 3 programming jumpers carefully remove the front cover of the box (RSB model).



By closing JP3 from DATA MODE (data transceiving) the system switches to PROGRAMMING MODE.

Data speed	JP1	JP2
9600 b/s	O	O
19200 b/s	O	X
57600 b/s	X	O
115200 b/s	X	X

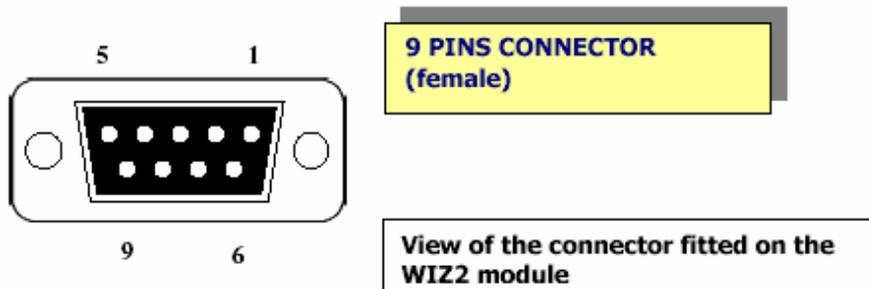
X= closed jumper
O= open jumper

In the original configuration all the jumpers are open (DATA MODE, 9600 b/s).

A.1 RS232 SERIAL CONNECTION

The WIZ2 modules converse with external devices through a 9 pins RS232 serial interface. The handshaking signals between connected units, with an RS232 protocol, are not utilized by WIZ2 modules.

During the via cable programming phase, (para. 3.3) the RTS and CTS lines are used.



The connection cable with the master unit must be pin-to-pin, the one connected with the remote unit, could be null-modem (see A.2)

Pin	Signal (PC)		Input/Output (WIZ2)	Usage in WIZ2
1	DCD	Data carrier Detect		
2	RX	Receive Data	Output	Tx data to PC unit
3	TX	Transmit Data	Input	Rx data from PC unit
4	DTR	Data Terminal Ready		
5	GND	Ground	/	Ground
6	DSR	Data Set Ready		
7	RTS	Request To Send	Input	Programming
8	CTS	Clear To Send	Output	Programming
9	RI	Ring Indicator	Input	5V Supply (*)

(*) The pin 9, Ring Indicator, in the WIZ2-434-D models, is used as the 5V power supply connector.

Tableau de correspondance

Accélération

g	U capteur	U conditionné	bin 8 bits	exa	formule
0,05	0,01	0,02	10000000	80	0,05
1,03	0,21	0,41	10001010	8A	1,03

Pression dynamique

Pd bar	U capteur	U conditionné	bin 8 bits	exa	formule
0,00118	0,00039	4,56863	11110100	F4	0,00118
0,01146	0,00382	4,29412	11101101	ED	0,01146

Pression statique

Ps bar	U capteur	U conditionné	bin 8 bits	exa	formule
1,01485	5,88889	-4,33333	00010001	11	1,01485
1,00134	5,81046	-4,21569	00010100	14	1,00134

Ibatt

I physique	U physique	U conditionné	bin 8 bits	exa	formule
4,00	0,40000	-3,00	00110011	33	4,00
1,00	0,10000	3,00	11001100	CC	1,00

Ubatt

U physique	U conditionné	bin 8 bits	exa	formule
7,19	-3,59	00100100	24	7,19
6,01	-2,41	01000010	42	6,01

Code Matlab trace_des_courbes.m

```
clear all
close all
clc

fid = fopen('acquisition.dmp.txt', 'r');
tline = fgets(fid);
tline = fgets(fid);
tline = fgets(fid);
a = fscanf(fid, '%g %g %g %g %g %g %g %g', [8 inf]);
a = a';

temps=a(:,1);
pdyn=a(:,2)*(-0.00147)+0.35969-0.03923;
ps=a(:,3)*(-0.00451)+1.09144+0.025;
gammaz=(a(:,4))*25/255-12.5+0.157;
gammay=a(:,5)*25/255-12.5+0.15;
gammax=a(:,6)*25/255-12.5+0.27;
U=a(:,8)*(-0.03921569)+8.6+0.07;
I=a(:,7)*(-0.0196)+5; %attention c'est a vous de configurer l'offset du
capteur

for i=1:length(ps)
    alt(i)=(1-(ps(i)*1e5/101350)^(1/5.258774))/(22.5576934e-6);
    ro(i)=1.225*(20000-alt(i))/(20000+alt(i));
    vit(i)=sqrt(2*pdyn(i)*1e5/ro(i));
end

figure(1)
plot(temps,vit),grid, title('Vitesse'), xlabel('temps'),ylabel('En m/s');
%changer 'Pdyn' en capture du texte dans fichier texte

figure(2)
plot(temps,alt),grid, title('Altitude'), xlabel('temps'), ylabel('En m');

figure(3)
plot(temps,gammax),grid, title('GammaX'), xlabel('temps'),ylabel('En G');

figure(4)
plot(temps,gammay),grid, title('GammaY'), xlabel('temps'),ylabel('En G');

figure(5)
plot(temps,gammaz),grid, title('GammaZ'), xlabel('temps'),ylabel('En G');

figure(6)
plot(temps,U),grid, title('U'), xlabel('temps'),ylabel('En V');

figure(7)
plot(temps,I),grid, title('I'), xlabel('temps'),ylabel('En A');

fclose('all');
```

